عالم المعرفة

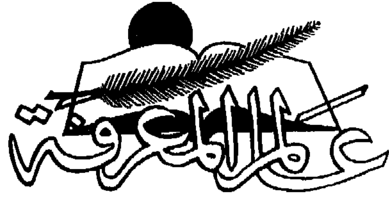
١٧٢

الذكاء الاصطناعي
واقعه ومستقبله

تأليف:
آلان بونيه

ترجمة:
د. علي صبري فرغلي

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

الذكاء الاصطناعي

واقعه ومستقبله

تأليف :

آلان بونيه

ترجمة :

د. علي صبري فرغلي

١٧٢ ـ شوال ١٤١٣ هـ ، إبريل/ نيسان ١٩٩٣ م

المراسلات:
توجه باسم السيد الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
فاكس: ٤٨٧٣٦٩٤ ص.ب ٢٣٩٩٦ - الصفاة/الكويت 13100

العنوان الأصلي للكتاب

Artificial Intelligence
By Alain Bonnet
Prentice Hall. 1985

وعنوانه بالفرنسية

L'intellingence Artificielle:
Promesse et realites
Paris, Inter Edition, 1984

المحتـــــوى

رقم
الصفحة

المحتـــوى

رقم
الصفحة

مقدمة المترجم

يقدم هذا الكتاب علم الذكاء الاصطناعي إلى القارىء العربي، وهو أحد العلوم التي نتجت عن الثورة التكنولوجية المعاصرة. والبحث في الذكاء الاصطناعي عمل جماعي بالدرجة الأولى يحتم تعاون علماء ومتخصصين من مجالات مختلفة كالحاسب الآلي، وعلم اللغة، والمنطق، والرياضيات، وعلم النفس. وهذا الكتاب موجه إلى هؤلاء جميعاً، وإلى القارىء المثقف الراغب في بذل الجهد لفهم هذا العلم الجديد.

يتكون الكتاب من عشرين فصلاً موزعة على خمسة أقسام: يرسم القسم الأول منها فكرة عامة عن الذكاء الاصطناعي وأهدافه ومبادئه الأساسية، ويناقش بإيجاز بعض الجوانب التي يتعرض لها في باقي الكتاب بتفصيل أكبر. وفي القسم الثاني يعرض لمعالجة اللغات الطبيعية في سبعة فصول، ويجمع فيها بين النظرة التاريخية والإشكالية الرئيسة، ومعالجة النصوص المكتوبة، وتحليل وتخليق الكلام المنطوق وفهم النصوص اللغوية. وفي القسم الثالث يشرح تقنية تمثيل المعرفة، ويعرض لأساليب وطرق مختلفة بالشرح والنقد والتحليل مع إعطاء الأمثلة الواضحة في جميع الأوقات. وفي القسم الرابع يتناول موضوع الأنظمة الخبيرة محدداً خصائصها وإشكالياتها، كما يعرض لنماذج منها في مجالات متعددة كالطب، والتنقيب عن النفط والمعادن . . . إلخ. ويعرض في القسم الخامس والأخير لموضوع التعليم والتعلم باستخدام الحاسب وما يمكن أن يقدمه الذكاء الاصطناعي في هذا الميدان، ويحدد المؤلف رؤيته لمستقبل الذكاء الاصطناعي في الفصل العشرين، ويوضح ما يمكن توقع إنجازه في المدى القصير وما يبدو بعيد الأمد.

وقد رأيت ترجمة هذا الكتاب بالذات لسببين: أولاً: لأنه يخاطب القارىء المثقف، فهو لا يفترض خلفية معينة سواء في الحاسب الآلي أو علم اللغة أو غيرها، ورغم ذلك يجد المتخصص فيه مادة جادة خالية من التبسيط المخل، بل ويطرح كثيراً من القضايا النظرية الجوهرية في الذكاء الاصطناعي كطرق تمثيل المعرفة،

والعـلاقـة بين الخبير البشري وعالم المعلـومـات، وتقـويم فعاليـة الأنظمـة الخبيرة ، والمعـرفة الإجـرائيـة والمعلنـة . . إلخ . ولهذا ليس غـريباً أن يترجم هـذا الكتـاب من الفرنسيـة إلى الإنجليزيـة فور نشره رغم وجـود الكثير من الكتب حول هـذا الموضوع بالإنجليـزية . وثانيـاً : لأنه يركـز على موضوعين اثنين لهما ــ في رأيي ـ أهمية خـاصة للعالم العربي، وهما معالجة اللغات الطبيعية والأنظمة الخبيرة . فقد اكتسبت المعالجة الآلية للغة العـربية اهتماماً متزايـداً من الباحثين العرب في السنـوات الأخيرة وخاصة منـذ منتصف الثمانينات، فقـد تم عقد العـديـد من المؤتمرات في الكويت والمغـرب وتونس والقـاهرة ودمشق حول هـذا الموضوع، وعرض كثير من العلماء العـرب نتائج أبحـاثهم الأوليـة في هذا الموضـوع الحيـوي . كما اهتمت كثير من شركـات الحاسب بالـوطن العربي بمعـالجة اللغة العـربية ومنها شركـة العالميـة والمراكز العلميـة لشركة «آي . بي . إم» ممـا يعكس إدراكاً بـالأهمية البـالغـة لتطويع الحاسب للغـة العربيـة ، ولأهمية استخدام الحاسب لترجمة الكم الهائل من المعلومات التي تنشر يومياً باللغات الأجنبيـة، ولتوحيـد المصطلحـات العربيـة، ولفهم وتلخيص النصـوص العربيـة .
ويتناول القسم الثـاني من هذا الكتاب معـالجة اللغات الطبيعيـة بالتفصيل وبشكل علمي سليم ويطرح قضـايا نظرية هـامة كأهمية التحليل الدلالي في معـالجة اللغات الطبيعية، ودور قواعد المعرفة في فهم اللغات وإشكالية تحليل الكلام . . . إلخ . ولا شك أن الأفكـار المطروحـة في الكتاب ستكون ذات فـائدة للبحث في هـذا المجال .
وموضوع الأنظمة الخبيرة له أهمية خاصة، فمن المعروف أن العالم العربي يعاني، شأنه شأن بقية العـالم الثالث، من هجـرة العقول، ونقص الخبراء . وهنا تبرز أ هميـة تقنية الأنظمة الخبيرة على المستوى الاقتصادي والعلمي، فهي تحفظ خبرة العلماء في شكل برامج متـاحة بسهولة، كما يمكن دائماً تطـويرها وتجديدها . وبـالتالي لا تضيع خبرة ومعرفة الخبير البشري بـوفاته أو هجرته إلى بلـد آخر، أو عجزه عن العمل، بل تظل محفوظة كبرامج للحـاسب يمكن استشارتها كلما دعت الحاجة . وهـو يمكن أن يوفر مثلاً خبرة الطبيب الأخصائي في الريف بينما هو موجود فعلاً في المدينة .

ونحن نأمل بتـوفير مثل هـذا الكتاب للقـارىء العـربي أن يزداد عـدد المهتمين

بالذكاء الاصطناعي، وأن يتجه العديد من العلماء الشبان، خاصة علماء الإنسانيات، إلى البحث العلمي الدؤوب في هذا المجال، وتسخيره لخدمة احتياجات أمتنا العربية الملحة والعاجلة. كما نأمل أيضاً ألا يقتصر اهتمامهم على النواحي التطبيقية ــ كما هو حادث الآن ـ بل يتعداها إلى القضايا النظرية الملحة في الذكاء الاصطناعي وانعكاساتها على باقي العلوم، حتى نتجاوز النقل والاستهلاك إلى الإبداع والمساهمة في تطوير هذا العلم.

المترجم

علي فرغلي

الكويت في ٣ أغسطس ١٩٨٩م

القسم الأول

مقدمـــة

الفصل الأول
الأهداف والمفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي

يهدف علم الذكاء الاصطناعي إلى فهم طبيعة الذكاء الإنساني عن طريق عمل برامج للحاسب الآلي قادرة على محاكاة السلوك الإنساني المتسم بالذكاء. وتعني قدرة برنامج الحاسب على حل مسألة ما، أو اتخاذ قرار في موقف ما ـ بناء على وصف لهذا الموقف ـ أن البرنامج نفسه يجد الطريقة[1] التي يجب أن تتبع لحل المسألة، أو للتوصل إلى القرار بالرجوع إلى العديد من العمليات الاستدلالية المتنوعة التي غذي بها البرنامج. ويعتبر هذا نقطة تحول هامة تتعدى ما هو معروف باسم «تقنية المعلومات» التي تتم فيها العملية الاستدلالية عن طريق الإنسان، وتنحصر أهم أسباب استخدام الحاسب في سرعته الفائقة.

ورغم أننا لا نستطيع أن نعرّف الذكاء الإنساني بشكل عام فإنه يمكن أن نلقي الضوء على عدد من المعايير التي يمكن الحكم عليه من خلالها. ومن تلك المعايير القدرة على التعميم والتجريد، التعرف على أوجه الشبه بين المواقف المختلفة، والتكيف مع المواقف المستجدة، واكتشاف الأخطاء وتصحيحها لتحسين الأداء في المستقبل. . . . إلخ. وكثيراً ما قرن الذكاء الاصطناعي خطأ بالسبرانية Cybernetics التي تختص بالخصائص الرياضية لأنظمة التغذية الراجعة، وتنظر إلى الإنسان كأنه جهاز آلي، بينما يهتم علم الذكاء الاصطناعي بالعمليات المعرفية التي يستخدمها الإنسان في تأدية الأعمال التي نعدّها ذكية. وتختلف هذه الأعمال اختلافاً بيناً في طبيعتها، فقد تكون فهم نص لغوي منطوق أو مكتوب، أو لعب الشطرنج أو «البريدج»، أو حل لغز، أو مسألة رياضية، أو كتابة قصيدة شعرية، أو القيام بتشخيص طبي، أو الاستدلال على طريق للانتقال من مكان إلى آخر. ويبدأ الباحث في علم الذكاء الاصطناعي عمله أولاً باختيار أحد الأنشطة المتفق على أنها

«ذكية»(٢)، ثم يضع بعض الفروض عمّا يستخدمه الإنسان لدى قيامه بهذا النشاط من معلومات واستدلالات، ثم يدخل هذه في برنامج للحاسب الآلي، ثم يقوم بملاحظة سلوك هذا البرنامج. وقد تؤدي ملاحظة البرنامج إلى اكتشاف أوجه القصور فيه مما يفضي إلى إدخال تعديلات وتطوير في أسسه النظرية، وبالتالي في البرنامج نفسه، ويؤدي هذا بدوره إلى سلوك مختلف للبرنامج، وما يستتبعه من ملاحظة وتطوير . . وهكذا.

ويغلب على المسائل التي يتناولها الذكاء الاصطناعي «التفجر التجميعي Com-binatory explosion» (٣): ويعني هذا أن عدد الاحتمالات التي يجب النظر فيها كبير جداً لدرجة أنه لا يمكن التوصل إلى الحل الأمثل - إن وجد - بعمليات البحث المباشرة، لأن عملية البحث تأخذ وقتاً طويلاً جداً، أو لأنها تتطلب ذاكرة كبيرة جداً تفوق سعة ذاكرة الحاسب أو الإنسان، فقد قدرت مثلاً النقلات الممكنة(٤) لقطع الشطرنج في دور واحد بحوالي ١٠ أس ١٢٠، ومن الواضح استحالة فحص المجموعة الكاملة لهذه النقلات، أو تخزينها بالحاسب مصحوبة بتقدير لمدى ملاءمة كل منها. وفي الواقع يوجد فرق أساسي بين عالم الرياضيات والمشتغل بالذكاء الاصطناعي في هذا الصدد. فبينما يسعى عالم الرياضيات لإثبات أن هناك حلاً للمسألة التي يبحثها (أو أنه لا حل لها)، ولا يعني بالوسائل الممكن اتباعها للوصول إلى الحل، نجد بالمقابل أن المشتغل بالذكاء الاصطناعي يبحث عن حل للمسألة قد لا يكون هو الحل الصحيح، أو الأمثل تماماً، ولكنه مقبول لدى أيّ من المهتمين بالمسألة، ولا يتطلب وقتاً أطول من اللازم، ويمكن الاهتداء إليه في ظروف الواقع الحقيقية التي قد لا تتوفر فيها جميع المعلومات المطلوبة لحل المسألة. لنأخذ مثلاً لعبة «العقل الجبار» Master Mind.

يهدف عالم الرياضيات إلى إثبات أن هناك خوارزماً algorithm للتوصل إلى حل للعبة في عدد محدد من الخطوات لايزيد مثلاً عن سبع خطوات، بينما يستخدم المشتغل بالذكاء الاصطناعي كل مهارته لوضع برنامج لحل مبني على طرق استدلال سليمة، أما عدد الخطوات التي يتطلبها الحل فليس لها الدرجة الأولى من الأهمية.

فالاتجاه السائد في الذكاء الاصطناعي هو أن مبادىء التنظيم الجيدة أهم من سرعة الحساب، والرياضيات يبرز دورها على المستوى المنطقي. ورغم أن أكثر فروع المنطق وضوحاً في أذهان الباحثين هو المنطق الاستنباطي deductive logic، فمن المؤكد أنه أقل أهمية من المنطق الاستقرائي أو الاستدلالي inductive or inferential logic في معظم أنشطتنا المتعلقة بالذكاء.

وسنستخدم في هذا الكتاب اصطلاح «الاستدلال» inference للتعبير عن فكرتي الاستقراء والاستنباط. وإلى جانب هذا الاستخدام للرياضيات على المستوى المنطقي، سنستخدمها أيضاً ـ على مستوى أوّلي إلى حد ما ـ من أجل الحصول على تقديرات لسعة الذاكرة ووقت المعالجة اللازمين للتوصل إلى حل مسألة ما. وسنحاول في بقية هذا الجزء التمهيدي توضيح ملامح برامج الذكاء الاصطناعي بشكل عام. وستكون المعايير التي نقدمها مرتبطة، من جهة، بأنواع المسائل المراد حلها، والتي تتطلب قدراً من الذكاء مثلاً، ولكن ليس لها حل عام معروف، كما ستكون مرتبطة من ناحية أخرى بطرق المعالجة المنطقية المستخدمة والمستعينة بكل ما عرف عن الذكاء الإنساني.

التمثيل الرمزي Symbolic Representation :

إن السمة الأولى لبرامج الذكاء الاصطناعي هي أنها تستخدم أساساً رموزاً غير رقمية وهي في هذا تشكل نقضاً صارخاً للفكرة السائدة أن الحاسب لا يستطيع أن يتناول سوى الأرقام، فعلى المستوى القاعدي يتكون الحاسب من نبائط ثنائية binary devices ولا يمكن لهذه النبائط أن تتخذ إلا أحد وضعين اتفق على أن يرمز لهما ب «١ أو صفر». وقد أدى اختيار هذين الرمزين الرقميين إلى انتشار الفكرة القائلة إن الحاسب لا يستطيع أن يتفهم سوى «نعم أو لا»، وأنه لا يستطيع تمييز ظلال المعنى بينهما. ولكن إذا نظرنا على نفس المستوى للإنسان، مستوى الخلايا العصبية neu-rons، لوجدنا أن الفهم الإنساني يعتمد أيضاً على الوضع الثنائي مما يشير إلى إمكانية التعبير عن الأفكار والتصورات والمفاهيم البالغة التعقيد واتخاذ القرارات بتشكيلات

متطـورة من هـذه الأوضـاع أو الحالات الثنـائيـة . ولا شك أن إمكـانيـة التعبير عن التصورات العليا والمعقـدة بواسطة الرموز الثنائيـة التي يفهمها الحاسب تجعل محاكاة عملية اتخاذ القرارات ممكنة .

ولا يوجـد بالطبع مـا يمنع برامج الـذكاء الاصطناعي مـن أداء بعض العمليات الحسابيـة إذا لزم الأمر، ولكن غـالباً ما تستخـدم نتائج هذه العمليـات على المستوى الإدراكي conceptual level ، بمعنى أن مغزى هذه العمليات الحسابية سيدخل إلى العملية الاستدلالية التي يقوم بها البرنامج . ويوضح ذلك مثال من برامج التشخيص الطبي الذي قد يعطينا معلومة معينة في صورتها الرمزية بالشكل الآتي :

«المريض يعاني من حمى بسيطة»

وقد توصل إليها الحاسب بقيامه بعملية استدلالية لمعلومة رقمية مثل :

«درجة حرارة المريض مائة درجة فهرنهايت» .

كما يمكن لبرامج الذكاء الاصطناعي أن تستخدم معلومة رمزية من علم أمراض النبات مثل :

«العفن نوع من الفطر»

للتوصل إلى معلومة رمزية أخرى كالآتي :

«الأضرار التي يسببهـا الفطـر بشكل عـام يمكن أن يسببهـا العفن بشكل خاص» .

وعادة ما يطلق على هذا النوع من العمليات الاستـدلالية أو الاستقرائية «الوراثة» inheritance أو نقل الخصائص transmission of properties وله أهمية بالغة في علم الذكاء الاصطناعي .

الاجتهاد Heuristics

تتحدد السمـة الثنائية لبرامج الذكـاء الاصطناعي بنوعية المسـائل التي تتناولها . فهي في العادة ليس لها حل خوارزمي معروف ، ونعني بـذلك عدم وجود سلسلة من

الخطوات المحددة التي يـؤدي اتباعها إلى ضمان الوصـول إلى حل للمسألة. وطالما لا يـوجد حل خـوارزمي للمسـائل التي يعـالجها الـذكـاء الاصطناعـي فلابـد إذن من الالتجاء إلى الاجتهاد (٥) ، أي إلى الطرق غير المنهجية والتي لا ضمان لنجاحها. ويتمثل «الاجتهاد» في اختيار إحـدى طرق الحل التي تبدو ملائمة مع إبقـاء الفرصة في نفس الوقت للتغيير إلى طريقة أخرى في حالة عدم توصل الطريقة الأولى إلى الحل المنشود في وقت منـاسب. ولهذا لا تعد البرامج التي تحل المعـادلات التربيعية ضمن برامج الذكاء الاصطناعي لأن لها حلاً خوارزمياً معروفاً. وبالتالي قد يصل أحد برامج التكـامل الرمـزي symbolic integration إلى مصاف بـرامج الذكـاء الاصطناعي لاعتماده على طريقة حل أخرى كلما فشلت الطريقة السابقة لتبسيط عملية التكامل. وتشكل برامج لعب الشطرنج مجالاً خصبـاً للذكاء الاصطناعي لأنه لا توجـد طريقة معروفة لتحديد أفضل نقلة ممكنة في مرحلة معينة من دور الشطرنج، وذلك لسببين: أولهما أن عـدد الاحتمالات الممكنـة كبير جـداً لـدرجـة يستحيل معهـا إجـراء بحث search كامل عليها، والسبب الآخر هو أننا لا نعرف سوى القليل عن المنطق الذي يبني عليه اللاعبون المهرة تحركـات قطعهم إما لأنهم ليسوا مدركين له بشكل واعٍ، أو لأنهم لا يريـدون الإفصاح عنه. وقد اعتـاد بعض المستهينين بالذكـاء الاصطناعي ـ ومنهم هـربـرت دريفس ـ (٦) ، الادعاء بعدم استطـاعة أي برنامـج للوصول إلى مستوى الـلاعب الإنساني الجيـد. وقد ثبت خطأ هـذا الادعاء منـذ زمن. وتستطيع الآن (١٩٨٥)، برامج الشطرنج الممتـازة هزيمة جميع اللاعبين باستثنـاء مئات قليلة منهم.

تمثيل المعرفة Knowledge Representation

تختلف برامج الذكاء الاصطناعي عن برامج الإحصاء في أن بها «تمثيل للمعرفة». فهي تعبر عن تطابق بين العالم الخارجـي والعمليات الاستدلالية الرمـزية بالحاسب. ويمكن فهم تمثيل المعرفة هذا بيسر لأنه عادة لا يستخدم رموزاً رقمية. فقد يستخدم أحـد بـرامج التشخيص العـلاجي القـاعـدة التـاليـة في تشخيص حـالـة المريض

بالأنفلونزا:

«إذا كانت درجة حرارة المريض عاليـة، ويشعر بآلام عضلية وصداع، فإن هناك احتمالاً قوياً بأنه يعاني من الأنفلونزا».

ويكون التعبير عن مثل هذه القاعدة في برامج الذكاء الاصطناعي بوضوح وإيجاز وبلغة أقرب ما تكون إلى لغتنا الطبيعية [٧]، وليس بلغة الحاسب الدنيا [٨]. والتعبير عن هذه القاعـدة في البرامج التقليدية يتطلب إضافـة جداول كثيرة ومتعددة للتعبير عن العـلاقة بين الأعـراض المرضيـة وتلك الأمراض التي يحتمل أن تسببهـا. وحتى في هذه الحالة سيكـون من الصعب جداً على البرنامج أن يفسر طريقـة توصله إلى الحل كما تفعل برامج الذكاء الاصطناعي.

والأكثـر من هذا أن بـرامج التشخيص الطبي تحتاج إلى التعـامل مع معلومـات معينـة مثل «أرجل ضعيفـة» أو «أرجل متخشبـة» كأعـراض مرضيـة مختلفـة لأرجل المريض، كما لابد أن يـدرك البرنامج أن هذه الأرجل مـرتبطة بالأجـزاء الأخرى لجسم المريض. ولا شك أن برامج الحاسب العـادية الموجودة اليوم لا تحتـوي هذا النوع من معرفة «الفطرة البديهية» [٩].

ومن أهم ما يميـز طرق بناء بـرامج الذكـاء الاصطناعي الفصل التام بين قـاعدة المعـرفـة ونظم المعـالجة mechanism التي تستخـدم هذه المعـرفة. فمـواد المعرفـة واضحة، ودلالاتها ومعانيها مفهومة، أما ما يكتب بلغة البرمجة ـ الذي يصعب فهمه لغير المتخصص ـ فهو مجموعة نظم المعالجة التي تفسر مواد المعرفة هذه وهي تحدد في أي حالة وفي أي مـرحلة من مراحل البرنامج يكون أي من قـوانين الاستدلال فعالاً. سنعـود لهذه النقطـة في الفصل الخاص بـالأنظمـة الخبيرة. وتعـد بـرامج التحليل اللغـوي[١٠] مثالاً آخـر على ذلك الفصل المنهجي بين قاعدة المعرفـة والبرنامج، ويكون هذا الفصـل هنا بين القواعد اللغويـة للغة ما ـ التـي تحدد صحة أي جملة في هذه اللغة ـ وبين ذلك الجزء من البرنامج الذي يمكن أن يقـرر ـ بالرجوع إلى القواعد اللغويـة طبعاً ـ ما إذا كـان من الممكن توليد أي جملـة يتم إدخالها إليه بواسطـة هذه القواعد أم لا. وفي السابق لم تكن القواعد اللغـوية منفصلة عن نظم المعالجة مما كان

يؤدي إلى صعوبة تطوير وتعديل هذه القواعد لأن ذلك كان يتطلب تغيير البرنامج بأكمله كلما أردنا إضافة قاعدة لغوية جديدة.

البيانات غير الكاملة

تتمثل السمة الرابعة لبرامج الذكاء الاصطناعي في قدرتها على التوصل لحل المسائل حتى في حالة عدم توفر جميع البيانات اللازمة وقت الحاجة لاتخاذ القرار. ويحدث ذلك كثيراً في الطب حين لا تكون نتائج التحاليل جاهزة وحالة المريض لا تسمح بالانتظار ولا يستطيع الطبيب في هذه الحالة انتظار نتائج التحاليل التي سيستفيد منها بالتأكيد ويضطر إلى اتخاذ قرار سريع.

ويترتب على نقص البيانات اللازمة كون النتيجة التي تم التوصل إليها غير مؤكدة، أو كونها أقل صواباً مع احتمال خطئها في بعض الأحيان. وكثيراً ما نتخذ قرارات في حياتنا العملية مع غياب جميع البيانات اللازمة، وبالتالي يظل احتمال خطأ القرار قائماً. ويكون غياب بعض البيانات أحياناً نتيجة لطبيعة المسألة نفسها. ومثال ذلك لاعب البريدج الذي لايعرف سوى الأوراق التي في يديه وعليه أن يتوصل إلى تقديرات قد تخطىء وقد تصيب عن توزيع الأوراق الأخرى ولابديل له عن التخمين.

البيانات المتضاربة Conflicting Data

أما السمة الخامسة لبرامج الذكاء الاصطناعي فهي قدرتها على التعامل مع بيانات قد يناقض بعضها بعضاً، وهذا ما نسميه البيانات المتناقضة ونعني بها ببساطة تلك البيانات التي يشوبها بعض الأخطاء. ويوضح ذلك المثال التالي حيث يرمز كل من أ، ب، ج إلى حدث يمكن ملاحظته، بينما يدل الرقم أمام كل قانون على مدى صحته. وتتراوح الأرقام من + ١٠ (وتعني أن القانون صحيح تماماً)، إلى - ١٠ (وتعني أن القانون غير صحيح بالمرة). ويفترض في كلتا الحالتين أن أ و ب قد لوحظا بالفعل.

١ ـ إذا كان أ صار ج (+٥)

إذا كان ب صار ج (ـ٣)

٢ ـ إذا كان أ صار ج (+١٠)

إذا كان ب صار ج (ـ١٠)

نلاحظ أن هناك تضارباً في (١)، ولكن لا يوجد تناقض. فقوانين الاستدلال واضحة: فقد يأتي حدث مثل ج بعد أ مثلاً، بينما يكون من غير المحتمل حدوثه بعد ب. ويمثل القانونان في (١) رؤيتان متعارضتان ويكون استنتاجنا أن حدوثهما في وقت واحد غير مألوف. ولكن هناك تناقضاً صريحاً في (٢)، وليس له سوى أحد تفسيرين، إما أن أحد القانونين خاطىء تماماً، ربما لأنه لم يأخذ في الاعتبار شرطاً أو ظرفية ما تحد مجال تطبيق القانون، أما التفسير الثاني وهو الأهم أن هناك خطأ في الملاحظة أي أن أحد الحدثين أ أو ب لم يقع. ونحل هذا التناقض عملياً بالإبقاء على القانون الذي لا يتناقض مع باقي مواد المعرفة بالبرنامج.

القدرة على التعلم The ability to learn

تمثل «القدرة على التعلم من الأخطاء» أحد معايير السلوك المتسم بالذكاء وتؤدي إلى تحسين الأداء نتيجة الاستفادة من الأخطاء السابقة. ويجب أن يقال هنا أننا لو طبقنا هذا المعيار بحذافيره تماماً لما وجدنا من البشر سوى عدد قليل ممن يمكن أن يعتبروا أذكياء. وترتبط هذه المَلَكَة بالقدرة على التعلم باستطاعة استشراف التماثل في الأشياء والقضايا والتوصل من الجزئيات إلى العموميات واستبعاد المعلومات غير المناسبة. ويجد الباحثون في علم الذكاء الاصطناعي صعوبة في تحديد الحالات التي يكون التعميم فيها جائزاً وإدراك الأحوال التي لا يصح فيها التعميم. كما يجدون نفس القدر من الصعوبة في تحديد السياق الذي يكون التماثل analogy في إطاره صحيحاً. ووجد باحثو الذكاء الاصطناعي في قدرة الإنسان على استبعاد المعلومات غير المناسبة مشكلة دقيقة للغاية، ذلك أن من المميزات الهائلة للحاسب، والتي جعلته مفيداً في أغراض عديدة هي أنه ـ بخلاف العقل الإنساني ـ قادر على عدم

نسيان الأشياء. والإشكاليـة المطروحة أمام الذكاء الاصطنـاعي هي أن قدرة الإنسان على النسيان هي بالتحديد التي تعطيه القدرة الهائلة على التعلم. فالإنسان قادر على نسيـان أو تنـاسي التفـاصيل الكثيرة غير الهامـة ــ للتركيـز على مـا هـو أهم طبعـاً ـ ويستطيع في نفس الـوقت استرجاع هـذه التفاصيل عنـد الحاجة. وتصبح مشكلـة إعطاء الحاسب قدرة على التعلم مـركزة في جعله قادراً على التمييـز بين الحقائق الهامة «التي يجب أن يتذكرها» والحقائق غير الهامة «والتي يمكن أن ينساها». إن ما يمكن أن يعتبر من وجهـة نظر معينـة نقطة ضعف في الإنسـان هو في الحقيقـة مصدر قـوة الإنسان الهائلـة على التعلم. إن القدرة على استخلاص مغـزى مجموعـة من الحقائق بدلاً من تخزينها جميعاً في الذاكرة لهي واحـدة من عوامل القوة العظيمة للإنسان. إن الـذكاء لايعني أبـداً القدرة على ممـارسة لعبـة «العشرين سؤال» جيـداً لأن ذلك من أسهل المهارات التي يمكن أن يكتسبها الحاسب، وما نريد أن نقوله بإيجاز هنا هو أن الـذكاء بـالقطع ليس هو اختـزان المعرفـة. وهذا يفسر في ــ رأيي ـ قلـة اهتمام علماء الذكـاء الاصطناعي ببرامج قواعد البيـانات database. وقد بـدأ علماء المعلومـات يدركـون قصور المناهج والطـرق المستخدمة حـالياً في بناء ومعـالجة قواعد البيـانات ويتجهون حالياً لإدخال القدرات الاستدلاليـة في برامجهم. وأتصور أن باحث الذكاء الاصطناعي ينحو نحواً مختلفاً عندما يشرع في بنـاء قواعد البيانات فهو يخزن البيانات بطريقة مختلفة من البداية بحيث يبني تصنيفه للبيانات على أسس العلاقات المنطقية والفكرية والتماثل.

محاكاة السلوك الإنساني بكل السبل

والنقطة الأخيرة التي سأتناولها في هذا الفصل التمهيدي تثير كثيراً من الجدل بين باحثي الـذكاء الاصطناعي وهي تتركـز في السؤال التـالي: هل يجب أن تحاكي برامج الذكاء الاصطنـاعي الطريقة التي يتبعها الإنسان فى حل المسـائل؟ أم أن الطريقة لا تهم طالما يتوصل البرنامج في النهاية إلى حل بشكل أو بآخر؟

وأشعر أن إجـابة الإنسان على هـذا السؤال تعتمـد على موقفه من قضيـة أخرى

نعبر عنها بالسؤال التالي: ما هو هدفنا الأساسي عندما نشتغل بالذكاء الاصطناعي: هل هو فهم الذكاء الإنساني أم الاستفادة من الحاسب في معالجة المعلومات؟ ومن الواضح أن من يختار الشق الأول من السؤال الأول سيختار أيضاً الشق الأول من السؤال الثاني. وسيتأثر نوع البحث الذي يقوم به عالم الذكاء الاصطناعي بشكل قوي بموقفه من هذه القضايا. ولا يعني هذا أن محاكاة عملية ما شرط ضروري لفهمها، ولكن ذلك يزيد بالتأكيد من قدرتنا على دراسة تفاصيل آلياتها.

ويجب ألا يفهم من توضيحنا للاختلاف في النظرة إلى الهدف الأساسي للذكاء الاصطناعي أن البرامج التي تكتب لمحاكاة المنطق الإنساني «غير مفيدة» وأن لا نفع لها. فالنفع وحده لم يكن هدفاً للبحث العلمي، ولا يجب أن يحدد مناهج البحث التي تتبع. ولابد من التأكد أن هذه المناهج قائمة على أسس علمية سليمة قبل طرح كفاءة الأداء للمناقشة.

وموقفنا في هذا الكتاب يتفق مع الاختيار الأول في الأسئلة التي طرحت في الفقرة السابقة، وهو السعي لفهم الذكاء الإنساني مما يثير السؤال التالي: كيف لنا أن نأمل في محاكاة السلوك الإنساني مع أننا لا نفهم الطريقة التي يعمل بها ومع إدراكنا أن هذا السلوك يختلف باختلاف البشر؟ بيد أنه يمكننا أن نعرف عن يقين بعض الطرق التي لا يتبعها الناس في العديد من المواقف، ويساعدنا هذا على استبعاد بعض الاحتمالات. فلننظر مثلاً إلى مسألة «فهم اللغة الإنسانية». من الواضح أننا لا نحتاج إلى قراءة أو سماع عبارة ما عدة مرات لكي نفهم مضمونها. وبالتالي يمكن لنا أن نحكم على أي برنامج يعتمد على تكرار الاطلاع على النص اللغوي بأنه لا يعبر عن الواقع السيكولوجي للعملية اللغوية. ومن الواضح أيضاً أننا لا نبدأ فهم جملة ما ببناء شجرة الأعراب أولاً ثم نشرع في التحليل الدلالي لها كي نصل إلى معناها. وتشير كل الدلائل إلى أن عمليتي إعراب الجملة وتفسير دلالتها مرتبطان ومتلازمتان، وبالتالي فإن برامج التحليل اللغوي التي سادت في الفترة الأخيرة، والتي اعتمدت على الفصل بين هاتين العمليتين لا تعبر عن طرقنا في فهم اللغة وأنها فصلت بين العمليتين لأن ذلك كان أسهل في البرمجة عن إدماج العمليتين كما يفعل

الإنسان.

ومن جانب آخر فإنـه يمكن للاستبطان Introspection ونتائج التجارب التي يجريها علماء النفس على الأفراد أن تمدنا بمعلومات قيمة عما يمكن للعقل الإنساني أن يحتفظ به بسهولة، وعن أي استنتاجات يمكن أن يخرج بها العقل الإنساني مما يقرأ أو يسمع؟ وأي تـوقعات للقـارىء أو السـامع تؤكّـد؟ وأيها يتبين خطـؤها؟ وقـد تنبني عـلاقـة وثيقة بين نتـائج مثل هـذه التجـارب والبرامج التي تحاكي هـذه العمليـات الاستدلالية.

وأخيراً فإن قدرة بـرامج الذكاء الاصطناعي على تحسين أ دائهـا عن طريق التعلم هو مـؤشر جيـد على مـدى مـلاءمـة نظم البرمجة المستخـدمـة لمحـاكـاة العمليـات الاستـدلالية لـدى الإنسان. كما أن فشل هـذه البرامج في التعلم يعني عـدم تناظـر العملية الاستدلالية بها للمنطق الإنسـاني. فكما هو متبع في العلوم، يستمر التسليم بصحة النظرية طالما لم تدحضها التجربة العملية.

ويمتد تأثير الذكاء الاصطناعي إلى كثير من العلوم وخصوصاً علم الحاسب الآلي لأنه لابد من كتابة برامج لاختبار صحة نظريات الذكاء الاصطناعي. ونظراً لأن هذه البرامج لابد وأن تكـون تفاعلية interactive فقد ساهم ذلك في تطـوير لغات برمجة تفاعلية. كما أن الحاجة إلى كتابة بـرامج قابلة للتطور والتغير مع تطور وتغير الأفكار كان له تأثير كبير على منهجيـة البرمجة بشكل عام. وقد ساعـدت الدروس المستفادة من علم المنطق على تطوير صورنة formalization العمليات الاستدلالية، مما شكل نقطة بـداية لتمثيل هـذه العمليات، كما أن علاقـة علماء الذكـاء الاصطناعي بعلماء اللغة ضرورية لفهم اللغة الإنسانية بالرغم من اختلافهم في كثير من القضايا، كما أن لعلماء الـذكاء الاصطنـاعي علاقـات بعلماء النفس والأعصـاب ووظائف الأعضـاء والفلسفة. وقـد تناولت مارجـريت بودين[١١]، التداخـل بين الذكاء الاصطنـاعي وبـاقي العلـوم بـالتفصيل ومع التحليل الـدقيق في كتـابها التمهيـدي عن الـذكـاء الاصطناعي.

الموضوعات التي يعالجها الكتاب

تكتسب ثلاثة مجالات رئيسة في علم الذكاء الاصطناعي أهمية فائقة هذه الأيام وهي : تفسير المرئيات interpreting images ، فهم اللغة الإنسانية والأنظمة الخبيرة، وطرق التعلم. يحتاج الموضوع الأول (تفسير المرئيات)، إلى أن يفرد له كتاب بذاته لأن له طرقه ومنهجيته الخاصة، ويقع هذا خارج نطاق اختصاص مؤلف هذا الكتاب، ونرجع القراء المهتمين بهذا الموضوع إلى برادي[١٢] أو برات [١٣]. يتناول الثلث الأول من هذا الكتاب قضية فهم اللغة الإنسانية، بينما يدور الثلث الثاني حول الحاجة للقيام بالعمليات الاستنتاجية لفهم مواد المعرفة وبالتالي تتوفر لدينا الوسائل اللازمة لتمثيل المعرفة، أما الجزء الثالث فيختص بالأنظمة الخبيرة وهو موضوع غني في تطبيقاته ويؤدي إلى ثورة في تقنية المعلومات. وسنعرض أيضاً لأثر أنظمة الخبرة في التعليم بمساعدة الحاسب، كما سنتحدث عن طرق التعلم التي تستخدمها البرامج للاستفادة من الممارسة لتحسين الأداء وسنعطي العديد من الأمثلة لتوضيح هذه الأفكار، ونختتم الكتاب بنظرة استشرافية لما يمكن أن يتوقع من الذكاء الاصطناعي في المستقبل.

الحواشي والمراجع

(١) خلاف برامج الحاسب التقليدية حيث تكون خطوات حل المسألة واضحة ومحددة ويتولى المبرمج ترجمة هذه الخطوات المحددة إلى برنامج باستخدام لغات البرمجة. (المترجم).

(٢) نستطيع القول أن جميع أنشطة الحاسب تتطلب قدراً من الذكاء. فجميع العمليات الحسابية من جمع وضرب وقسمة واستخراج متوسط عدة أرقام تتطلب من الإنسان قدراً من الذكاء، ولكن الفرق بينها وبين الأنشطة التي يعالجها الذكاء الاصطناعي أن لها خطوات واضحة ومعروفة يتبعها الحاسب بشكل آلي دون أن يستطيع شرح أو تبرير ما يتوصل إليه. (المترجم).

(٣) نحاول هنا الالتصاق قدر الإمكان بالمصطلح الإنجليزي، والمعنى أن عدد الاحتمالات التي يجب النظر فيها أكبر بكثير من قدرة الإنسان والحاسب الآلي على استيعابها أو النظر فيها. (المترجم).

(٤) يبلغ متوسط عدد مرات حركات قطع الشطرنج في الدور الواحد حوالي ثمانين حركة، يقوم كل لاعب بأربعين حركة، وهناك ثلاثون اتجاهاً يمكن أن تتحرك فيه كل قطعة، ويعني هذا أن عدد الاحتمالات في الدور الواحد ٣٠ أس ٨٠ =~ (٢ أس ٥) أس ٨٠ = (٢ أس ١٠) أس ٤٠ =~ (١٠ أس ٣) أس ٤٠ = ١٠ أس ١٢٠.

(٥) ’olya, G. (1954), How to solve it, a new aspect of mathematical method. Princeton, Princeton University Press.

(٦) Dreyfus, H. L. (1972) What computers can’t do: a critique of artificial reason, New York, Harper & Row.

(٧) اللغات الطبيعية هي اللغات الإنسانية التي لم يخترعها إنسان معين ولم تنشأ بقرار، وترتبط بحضارات وتراث الشعوب كاللغات العربية والألمانية والإنجليزية

وغيرهـا وهي تختلف عن لغـات البرمجة والاسبرانتو التي صممـت لأغراض معينـة . (المترجم) .

(٨) لغات الحاسب الدنيا هي لغات البرمجة التي تستخدم الرمزين صفر وواحد وهي لغـات البرمجة الأولى قبل تصميم لغـات بـرمجة «عليـا» مثل بـاسكـال وبيسك وفورتران وتستخدم هذه اللغات كلمات مألوفة من اللغة الإنجليزية مثل ,directory if...then, save, type, print (المترجم) .

(٩) هناك نوعان من المعلومـات أولهما معلومات محددة في شكل حقائق أو طرق معروفة لحل المسائل ويمكن أن تتواجد في الكتب مثل «الخرطوم عاصمة السودان» ، أو طريقة التوصل إلى متوسط عدد من الأرقام ، وثانيهما المعلومات اللازمة لترجمة نص من لغة لأخرى أو حصيلة خبرات الحياة أو خبرات التخصص . (المترجم) .

(١٠) Winograd, T. (1972), Understanding natural language, Edinburgh, Edinburgh University Press.

(١١) Boden, M.. (1977), Artificial intelligence and natural man, New York, Basic Books.

(١٢) Brady, M. (1983~), Computational approach to image understanding", ACM Computing surveys, Vol. 14, pp. 3-71.

(١٣) Pratt, W. (1978), Digital image processing. New York, Wiley.

القسم الثاني
فهم اللغات الطبيعية

الفصل الثاني
بعض المعايير

مقدمة

نهدف في هذا الفصل إلى توضيح مختلف الأنشطة [١] التي يمكن أن تندرج تحت «فهم اللغات الطبيعية»، وأولها ما يمكن أن نسميه النشاط النفعي utilitarian activity وهو ما يشار إليه عادة بتفاعل الإنسان مع الآلة man machine interaction (MMI) ولا يختص هذا النشاط بمشاكل فهم السلوك الإنساني، وإنما بمشاكل الاتصال بين الإنسان والحاسب فحسب. فنحن نريد أن نجعل هذا الاتصال يدور بلغة أقرب ما تكون إلى اللغات الطبيعية، ونعني بذلك تلك اللغات المرتبطة بحضارة وثقافة الإنسان كاللغات الإنجليزية والفرنسية والإسبانية والعربية على سبيل المثال. إن ما نحتاجه هو جسر بين مثل هذه اللغات ولغة الحاسب الدنيا [٢] التي تناسب الآلة. وقد كان بناء لغات البرمجة العليا مثل فورتران وآلجول وليسب ــ والتي يتم ترجمتها إلى لغة الحاسب الدنيا بواسطة مترجم البرامج compiler ـ هي الخطوة الأولى في هذا الاتجاه. ولا شك أن لغات البرمجة العليا هذه أيسر في الاستعمال والتعلم، إلا أنها تظل مع ذلك لغات اصطناعية. والإشكالية التي نواجهها هنا هي أننا نود أن نتحاور مع الآلة بوسيلة طبيعية وبدون أن نضطر لتعلم إحدى لغات البرمجة. ولتحقيق هذا الهدف يتعين علينا أن نجد طريقة ما لترجمة ما يدخله مستخدم الحاسب بلغته الطبيعية ــ بواسطة محطات الإدخال الطرفية ــ إلى شكل يمكن للآلة فهمه والاستجابة له. فكثيراً ما نحتاج إلى الاستفهام عن شيء ما بالرجوع إلى قاعدة المعلومات بالحاسب، فقد نحتاج مثلاً إلى إجابة لسؤال كالتالي:

«أي من موظفي جون سميث وشركاه يتقاضى راتباً يزيد عن عشرة آلاف جنيه سنوياً؟»

ويمكن ترجمة هذا السؤال على النحو التالي:

(؟س «صاحب عمل ؟س = شركة جون سميث وشركاه»، «المرتب السنوي ؟س>١٠٠٠) [٣] وتعني هذه المعادلة أننا نريد معرفة كل الأفراد س والذين هم موظفون يعملون لدى صاحب عمل هو جون سميث وشركاه ويتقاضون مرتباً سنوياً يزيد عن عشرة آلاف جنيه. ويمكن اعتبار شكل هذه المعادلة كتعليمات للآلة للقيام بسلسلة من الخطوات التي يمكن للغات البرمجة القيام بها. وهذا السؤال نموذج شائع للاستفسارات التي توجه لقواعد المعلومات بهدف استخراج معلومات منها. وتحويل مثل هذا السؤال من صورته الطبيعية باللغة الإنسانية إلى شكل يكون له دلالة ومغزى لقاعدة المعلومات بالحاسب، يفترض أن قاعدة المعلومات تدرك أن «جون سميث وشركاه» هو اسم شركة (وليس اسم موظف مثلاً)، وأن هذه الشركة تستخدم موظفين، وأننا مهتمون برواتب هؤلاء الموظفين وليس بعناوينهم أو عدد أطفالهم مثلاً، بل ــ بدقة أكثر ــ نحن مهتمون بهؤلاء الموظفين الذين تزيد رواتبهم عن حد معين.

ويمكن لاستخدام هذه التقنية أن يكون له نتائج باهرة، لأنها تمكن الإنسان والآلة من الدخول في حوار طبيعي يوحي بوجود قدر كبير من الفهم المتبادل بينهما، ولنا أن نتوقع تطورات هامة في مجال تفاعل الإنسان مع الآلة في السنوات القادمة.

وثاني الأنشطة التي تندرج تحت «فهم اللغات الطبيعية» هو ما سأسميه النشاط اللغوي أو المنطقي. والسؤال الرئيسي هنا هو ما إذا كانت عبارة ما صحيحة لغوياً ويمكن قولها فعلاً في الحياة اليومية. وقد درج علماء اللغة المعاصرون على وضع نجمة «★» أمام العبارات والجمل التي تبدو غريبة لهم، ثم التساؤل عن سر الغرابة في هذه الجمل والعبارات، ويمثل هذا ما يمكن أن نطلق عليه الجانب القانوني le-galistic aspect. كما ينظرون إلى اللغة باعتبارها كياناً مستقلاً دون أي اعتبار لوظائفها المعرفية أو التواصلية، ومن أبرز المؤيدين لوجهة النظر هذه (نوم تشومسكي)[٤] الذي أكد على التمايز بين الكفاءة والأداء [٥] أي بين ما يمكن أن يقوله ويفهمه الإنسان نظرياً، وبين ما يقوله فعلاً. ويعتقد تشومسكي أنه يمكن

دراسة الخصائص الرياضية والشكلية للغة دون الرجوع إلى الكيفية التي يتم بها الاستخدام اللغوي. ويقارن وينوجراد (٦) بين هذا الاتجاه واتجاه علماء الفيزياء الذين يدرسون الميكانيكا دون أخذ عملية الاحتكاك في الاعتبار. ويهتم تشومسكي بالنحو الصوري، أي بأنظمة القواعد الصورية التي تحكم انتظام الرموز الأساسية arrangements of basic symbols. وقد سعى تشومسكي إلى تحديد ملامح الأنحاء الكلية (٧) universal grammar كمجموعة مجردة وهو يعرفها كنظام من القوانين والشروط والقواعد التي تكون الأسس والخصائص لكل اللغات الإنسانية (٨). ويقر تشومسكي(٩) إن الأنحاء التي يهتم بها بالغة التعقيد، ولا يمكن تعلمها للبشر الذين يبدأون من المبادىء العامة ـ أي الأنحاء الكلية ـ والتي يعتبرها تشومسكي موروثة innate أي جزءاً من الجهاز البيولوجي للإنسان. ولهذا فإنه من غير المحتمل أن تكون من نفس نوع الأنحاء التي نستخدمها فعلاً في تحليل العبارات والجمل.

وثالث الأنشطة، وهو الذي سأحاول أن أؤيده في هذا الكتاب، يرفض الزعم المبسط لعلاقة ثابتة غير غامضة بين البنية السطحية للجملة ـ بمعنى التتابع الأفقي للحروف لتكون الكلمات وتتابع الكلمات لتكون الجمل والعبارات ـ والبنية العميقة التي تحمل دلالة هذه الجملة. وعلى عكس ذلك تتمثل وجهة النظر المتخذة هنا في أن العمليات الاستدلالية inferential processes تلعب دورها بمجرد قراءة أو سماع أي جملة أو نص، وأن فهم النصوص اللغوية لا يختلف في جوهره عن فهم أي شيء آخر. ففي جميع الأحيان يتأثر فهمنا للمعلومات التي نستقبلها بكل ما كنا نعرفه من قبل. ومن المؤكد أن لتراكيب الكلام syntax دوراً، ولكنه ليس بالدور الجوهري في فهم اللغات الطبيعية. ونحن بالتأكيد لا نقسم فهمنا للجملة إلى مرحلتين: الأولى تكوّن شجرة الإعراب syntactic tree، وتضع الثانية تحليلاً دلالياً لها. إن مثل هذا التصور لفهم اللغات الطبيعية هو الوحيد الذي يسعى لتفسير كيفية عمل عقولنا، وقد كان روجر شانك(١٠) أكثر المؤيدين تحمساً له طوال الخمسة عشر عاماً الماضية، وليس الهدف هنا ـ كما كان في الماضي ـ بناء برامج لفهم اللغات الطبيعية بأي طريقة، بل تفسير وعرض طرقنا التي نستخدمها في الفهم. فنحن نضع نظريات

للفهم ثم نختبرها بواسطة برامج صممت، كما نأمل، بحيث تحاكي طرق الإنسان، آخذين في الاعتبار ردود أفعالنا الذاتية ومعرفتنا ودوافعنا. وينقسم هذا الجزء من الكتاب والمخصص للغات الطبيعية إلى سبعة فصول. ويعرض هذا الفصل بعض المعايير الأساسية التي يمكن استخدامها لتقويم درجة «فهم» مثل هذه اللغات. ويصف الفصل الثالث المحاولات الأولى (غير المثمرة) للترجمة الآلية والطرق التي استخدمت سابقاً لإجراء حوار، أقرب ما يكون إلى الحوار الطبيعي، مع الحاسب. ونتناول في الفصل الرابع البرامج الأولى التي كتبت لتحليل عبارات منفصلة مستخدمة النحو الصوري formal grammar ، في معظم الأحيان، كما يصف هذا الفصل المشكلة الرئيسة التي برزت في هذا المجال. ويعرض الفصل الخامس لبعض الطرق التي استخدمت في هذا التحليل، أي طرق تحويل الصورة العادية للجملة إلى الصورة الذي تمثل بها داخل الحاسب. ويصف الفصل السادس بعض جوانب تحليل الكلام المنطوق واختلافه عن تحليل النصوص المكتوبة. ويتناول الفصل السابع المشاكل العملية لاستخدام اللغات الطبيعية في الاتصال بين الآلة والإنسان. وأخيراً يصف الفصل الثامن تغيراً ذا أهمية كبيرة في توجه معالجة اللغات الطبيعية، فلم تعد القضية الشاغلة هي تحويل الجملة من الشكل الذي أدخلت به إلى الحاسب إلى شكل داخلي internal form يمثل معناها. بل أصبحت فهم النص واستخلاص مغزاه ودوافع المشاركين في الحوار. وأخذ يقل انفصال التحليل الصوري للجملة عن السياق الذي وردت فيه وكذلك عن الاستنتاجات التي يمكن التوصل إليها أثناء القراءة سواء تمت هذه القراءة بواسطة الحاسب أو الإنسان.

بعض معايير الفهم

لن أحاول هنا تقديم تعريف للفهم سواء بالنسبة للإنسان أم الآلة. فكما شعرت في الفصل الأول بأنه رغم عدم قدرتي على تقديم تعريف للذكاء أمكنني أن أقدم عدة معايير يتصل كل منها بجانب مختلف من جوانب الذكاء مثل القدرة على التعميم، أو التعلم من الخبرات لتحسين الأداء في المستقبل، فإنه يمكنني هنا أيضاً اقتراح عدد

من المعايير يعكس كل منها إحدى درجات الفهم المتعددة:

١ ـ القدرة على إجابة الأسئلة بطريقة ملائمة. إن قوة هذا المعيار تكمن طبعاً في تطلب «كون الإجابة ملائمة» وبينما لا يمكن تعريف ذلك بشكل محدد تماماً، فإنه يمكن التعرف على درجات مختلفة من الملاءمة. فإذا وجهنا السؤال التالي «هل روما عاصمة فرنسا؟» فإن الإجابة البسيطة «لا» تكون ملائمة، ولكن «لا، إنها باريس» أو «لا، روما عاصمة إيطاليا». تكون أكثر ملاءمة.

٢ ـ القدرة على إعادة صياغة العبارات، شارحاً معناها بطريقة أخرى.

٣ ـ القدرة على الاستنتاج، أي إعطاء النتائج المحتملة أو الممكنة لما قيل توا، ويشمل هذا المعيار المعايير الأخرى.

٤ ـ القدرة على الترجمة من لغة لأخرى. وتفترض المعايير الثلاثة أعلاه قدرة معينة على التجريد، تعكس إمكانية تكوين تمثيل دلالي وإدراكي للعلاقات السببية والتداعي بين مكونات الجملة، مع إعطاء أقل قدر ممكن من الأهمية للبنية الظاهرية. وسوف نبين فيما بعد عند مناقشة فشل المحاولات الأولى للترجمة الآلية إن أسباب هذا الفشل تكمن في الحقيقة في غياب القدرة على التجريد. ويجب أن نوضح هنا أن القيام بالاستنتاجات يمكن أن يشمل توضيح كل ما هو متضمن في النص، وتحديد دوافع الناس للأفعال الواردة في النص.

٥ ـ القدرة على التعرف على المسميات. إن إحدى المكونات الهامة لقدرتنا على الفهم هي إدراكنا أنه يمكن الإشارة إلى نفس الشيء أ و الشخص بعدة طرق، كما يحدث عندما يستبدل اسم شخص أو مجموعة بضمير. ويتطلب إيجاد المرجع الصحيح في بعض الأحيان قدراً كبيراً من المعرفة أو الاستدلال.

٦ ـ الأداء الناجح لاختبار (تورينج) للذكاء فقد تخيل (آلان تورينج) Alan Turing عالم الرياضيات الإنجليزي الاختبار التالي: نفترض أننا نستخدم محطة طرفية ولوحة مفاتيح وشاشة عرض، ونحن نعرف أن المحطة الطرفية توصل أحياناً بالحاسب وأحياناً أخرى بإنسان، ولكننا لا نعرف أبداً بأيهما هي موصلة في أي وقت

من الأوقات. فإذا أجرينا حواراً باستخدام هذه المحطة الطرفية، ولم نستطع بعد فترة من الزمن معرفة ما إذا كانت موصلة بالحاسب أم بالإنسان فإنه يمكن القول إن البرنامج ذكي. ويستطيع القارىء المهتم بهذه الفكرة أن يقرأ عنها في كتاب دوجلاس هوشتادر(١١). ونحن لا نحتاج إلى القول إنه لم ينجح أي برنامج حتى الآن(١٢) في أداء هذا الاختبار. ومعظم البرامج القليلة التي أمكن لها أن تستمر عدة دقائق في الاختبار قبل فشلها تحاكي سلوك الطبيب النفسي.

وتتعلق المعايير الخمسة الأولى بجوانب مختلفة لعملية الفهم بينما يتضمن السادس كل هذه المعايير، ويجب تحقيق كل من المعايير الخمس قبل النجاح في اختبار المعيار السادس.

٤
الحواشي والمراجع

(١) يعني المؤلف بالأنشطة هنا فروع ومجالات البحث المختلفة لمعالجة اللغات الطبيعية والتي بدورها إحدى فروع الذكاء الاصطناعي. (المترجم).

(٢) لغة الحاسب الدنيا تستخدم الصفر والواحد فقط وهي اللغة التي تفهمها الآلة، أما لغات الترجمة العليا(مثل ليسب وبرولوج. . إلخ)، فهي تستخدم كلمات وألفاظ من اللغات الطبيعية. (المترجم).

(٣) ترمز «س» هنا للمجهول، وعلامة الاستفهام ترمز إلى أن هذا هو ما نريد معرفته، أي أننا نريد معرفة دلالة«س» حين يكون صاحب عمل «س» هو «جون سميث وشركاه»، وأن يكون الراتب السنوي الذي يتقاضاه «س» يزيد عن عشرة آلاف جنيه. (المترجم).

(٤) Chomsky, N.(1965), Aspects of the Theory of Syntax. Cambridge, Mass., MIT Press.

(٥) اهتم تشومسكي بالفصل بين الكفاءة competence والأداء performance لأن علماء المدرسة البنيوية كانوا يهتمون بالنص اللغوي ويحددون هدف البحث اللغوي بوضع القواعد التي تحكم الاستخدام اللغوي الواقع فعلاً من خلال النص سواء كان مكتوباً أو منطوقا، وقد أوضح تشومسكي أن النظرة المتفحصة في الكلام توضح أن به العديد من الأخطاء ويتأثر بالحالة النفسية والمزاجية ودرجة التركيز لدى المتكلم ولهذا فهو لا يعبر تعبيراً دقيقاً عن المعرفة اللغوية لدى المتكلم، وحدد هدف البحث اللغوي بتحديد المعرفة اللغوية لدى المتكلم competence والتي تتضح من الأحكام التي يصدرها المتكلم على صحة أو خطأ عبارة ما. (المترجم).

(٦) Winograd, T. (1977). On Some Contested Suppositions of Generative Linguistics about the Scientific Study of Lan

guage:,Stanford Artificial Intelligence Laboratory Memorandum, AIM-300.

(٧) الأنحاء جمع نحـو، ونقصد بها هنـا جميع القواعـد والقوانين ــ سواء كـانت صوتية أو صرفية أو تراكيبية أو دلالية - التي تحكم فهم وتوليد الكلام.

(٨) Chomsky, N. (1975) Reflections on Language. New York, Pantheon Books.

(٩) Chomsky, N. (1982), Rules and Representation, in The Behavioral and Brain Sciences.

(١٠) Schank, R. C. (1975), Conceptual Information Processimg, New York, North Holland.

(١١) Gofstadter, D. (1977), Godel, Escher, Bach. An Eternal Golden Braid. New York, Basic Books.

(١٢) Dresher, B.E., Hornstein, N. (1976) On Some supposed Contributions of Artificial Intelligence to the Scientific Study of Language". Cognition 4, pp. 321-398.

الفصل الثالث
عصر معالجة اللغات الطبيعية

مقدمة

نستخدم كلمة «معالجة» بدلاً من «فهم» عن قصد لأن الفترة الزمنية التي يتناولها هـذا الفصل تتميز بغيـاب أي تمثيل داخلي للمفاهيم والأفكـار[1] ، التي يمكن أن تستخلص من النص. ولم يتعـد الأمـر اللعب (أو التـلاعب) الشكلي بـالـرمـوز، ويتضمن ذلك التحليل الإحصـائي للنص مثل حسـاب عـدد مرات تكـرار كلمات معينة في خطـاب سياسي مثـلاً. ولا تشكل هذه الطـرق الإحصائيـة أو طرق اللعب بـالكلمات جزءاً من الـذكاء الاصطنـاعي ولكنهـا كانت تمثل بشـائره، ولهذا السبب نصفها بإيجاز في هذا الفصل.

المحاولات الأولى للترجمة الآلية :

يمكننا أن نحدد أن الأفكـار الأولى للترجمة من لغة لأخرى بواسطـة الحاسب قد ظهرت في نهاية عـام ١٩٤٦ ، في مناقشة بين وارن ويفر وأنـدرو بوث[2] ، وكـانت وجهة نظرهما في ذلك الوقت أنه يمكن استخدام الطرق المستخدمة في حل الشفرات السرية والتي اعتمدت على جداول التكـرار النسبي للحروف في الترجمة الآلية. وعلى هذا لم يهدفا لتحقيق أي فهم للمعنى المتضمن في النص، وركزا على المعالجة الشكلية للنص باعتباره مكـوناً من حروف أو كلمات متتابعة. وكـانت الصعوبات التي تنبأوا بها تتعلق بإدخال قواميس كاملة بدرجة كافية لكل من اللغتين (المترجم منها وإليها) وانتقاء المعنى الصحيح للكلمات ذات المعـاني المتعددة وتنـاول أنظمة تـرتيب الكلام للغات المختلفة، حتى عندما تكون متشابهة بنيوياً.

ولقد ضمت برامج الترجمة الأولى قواميس بها التصريفات الكاملة لكل فعل بدلاً

من أن تحتوي على جذور الأفعـال وقواعد تصريف المصادر. وقـد أعطى أول برنامج للترجمة الآلية من اللغـة الروسية إلى الإنجليزيـة عدة قوائم لكل كلمـة روسية بها كل الترجمات المحتملـة في الإنجليزيـة دون تحديـد أي منهـا هي الصحيحة. وهكـذا لم تصل هذه البرامج حتى إلى مرحلة الترجمة الحرفية.

وتلاشى بسرعـة الاهتمام بالترجمة الآلية خلال الستينـات بعدما يقـرب من خمسة عشر عامـاً من الجهد الـذي لم يثمر كثيراً. ولقـد بيّن (بار هيليل) Bar Hillel أن الترجمة الآلية تتطلب أن يزود الحاسـب بقاعدة من المعرفة يبلـغ حجمها دائرة معارف كاملة، وهو ما اعتبره بوضـوح أمراً غير واقعي. ولكي نفهم لماذا كان ثمرة جهد هذه السنين بسيطاً، يجب أن نتذكر أنـه لم تكن لدى أي شخص في ذلك الوقت فكرة عن كيفيـة إدخال قـواعد النحـو إلى الحاسب الآلي، وأن بـرامج الحاسب كانت لا تـزال تكتب بلغة الآلة machine language، وأن فكرة اللغة التكرارية recursive language [٣] كانت في بدايتها الأولى.

وكـان الدرس الـذي تعلمناه من هـذه الجهـود هو استحـالة الترجمة بـدون فهـم النص. وكـان لابـد من وسـائل لتمثيـل معنى الجملـة، أو جـزء من النص، ولحل غمـوض بعض الكلمات[٤] كان يتحتم الرجـوع إلى سياق الكلام، وربما إلى نموذج للعالم المتصل بـالنص. وقد استـؤنف البحث في ميدان الترجمة الآليـة ثانيـة بعد فترة عشر سنوات، أو أكثر، عندما أصبح هناك فهـم أفضل لهذه الاحتياجات.

مرحلة ما قبل استخدام المعاني

يميز الفترة ما بين عامي ١٩٦٠ و١٩٧٠م اتجاهـان يربط بينهما عدم البحث عن أي معنى في الجملة أي عدم محاولة بناء تمثيل رمـزي لعلاقتها بالعالم. ويتمثل الاتجاه الأول في استخدام قـواعد النحو التحويلي لتـوليد عدد من العبارات بـواسطة تطبيق قواعد تحويلية متتابعة حتى تجد جملـة تطابق الجملة المعطاة أصلاً (٥)، إلا أن مثـل هـذا المنهج فقد فـائدتـه نتيجـة للانفجـار التجميعي combinatorial explosion بسبب العـدد الهائل من التحويـلات التي يمكن أن تستمد من البنيـة الأولية. أمـا

الاتجاه الثاني فقـد استخدم الكلمات المرشـدة key words ، أو تتـابع من الكلمات كأنماط لاستخراج المعلومات من الجمل المراد تحليلها [٦] . ويعتبر إليزا ELIZA برنـامجاً نموذجياً لهذا الاتجاه. وتنحصر قيمـة إليزا اليـوم في أهميته التاريخيـة، إلا أنه يوضح جيداً كيف يمكن لمثل هذه البرامج أن تعطي إيحاءً بالفهم.

ويحاكي إليزا عمل الطبيب النفسي الذي يتبع مدرسة التداعي الحر ويستطيع أن يـدخل في حـوار مع المريض باللغـة الطبيعيـة، كما في المثـال التالي الـذي يتحـدث المريض أولاً ثم يجيب إليزا على تساؤلات المريضة:

المريضة : جميع الرجال متشابهون.

إليزا : من أي وجه؟

المريضة : من حيث إنهم يضايقوننا بطريقة أو بأخرى

إليزا: هل يمكنك أن تفكري في مثال محدد؟

المريضة : حسناً، إن حبيبي طلب مني أن أحضر هنا.

إليزا: حبيبك جعلك تحضرين هنا؟

المريضة : إنه يقول إنني مكتئبة معظم الوقت.

إليزا : إنني آسف لسماع أنك مكتئبة

ويعمل برنـامج إليزا وفقاً لمبدأ بسيـط جداً، فهو يخزن في ذاكرتـه عدداً من أزواج الكلمات أو مجمـوعـات الكلمات: أول كل زوج. أمـا كلمــة إرشـاديـة أو نمط من الكلمات يبحث عنهـا البرنامج في العبـارة التي يـدخلها مستخـدم البرامج ، والجزء الثاني من الوحدة تمثل الرد الذي يعطيه البرنامج، ولذلك فإن نفس الإجابة تولد كلما تعرف البرنامج على الكلمة الإرشادية أو النمط. فمثلاً يخزن إليزا الزوج التالي :

(★ أم ★)ــــ← (أخبريني عن والديك).

والمقصود بالنجمة قبل وبعد كلمـة «أم» أنه يمكن أن تعبر عن أي كلمة أو عدد من الكلمات بحيث لا يعير البرنامج اهتماماً لما بعـد أو قبل كلمة أم. و«أخبريني عن

والديك» تمثل إجابة البرنامج كلما وجد في العبارة التي يدخلها مستخدم البرنامج كلمة «أم».

ويعطي هذا الحوار التالي :

المريضة : اعتادت أمي أن تضربني وأنا صغيرة .

إليزا : أخبريني عن والديك .

وتبدو إجابة إليزا هنا طبيعية بدرجة كافية ولكن نفس البرنامج يعطي الحوار التالي :

المريضة : إن أم الأمير تشارلس سوف تذهب إلى فرنسا غداً .

إليزا : أخبريني عن والديك .

ولا شك أن إجابة إليزا الأخيرة غير ملائمة بالمرة .

ويستطيع إليزا في نسخته المتطورة جداً أن يقوم بتحويلات عديدة من أجزاء النمط الذي تمثله النجوم. وبوجه خاص يمكنه أن يستبدل صيغة المتكلم المفرد بصيغة المخاطب وبذلك يولد جملاً صحيحة ومناسبة، وفقاً لقواعد اللغة ويظهر هذا في إجابته « . . . أنت مكتئبة . . . » رداً على « . . . إني مكتئبة . . . » في المثال السابق .

وتبدو أوجه قصور مثل هذا الاتجاه واضحة، فأولاً: توقع التنبؤ وإعطاء إجابات لكل الجمل الممكنة، أمر غير واقعي. وثانياً : لم يتضمن البرنامج أي تمثيل لمعاني الجمل أو المفاهيم التي يمكن استخلاصها، ولهذا ليس لمثل هذا البرنامج أي تأثير على عملية فهم اللغة الإنسانية .

وهناك برامج قليلة أخرى من هذه الفترة مازالت تذكر لأخذها الخطوات التجريبية الأولى نحو إظهار بعض درجات الفهم، وأحدها برنامج الطالب (٧) Student لدانيال بوبرو Daniel Bobrow، من MIT والذي يحل المسائل البسيطة في علم الجبر بلغة طبيعية . وقد استخدم أيضاً أنماطاً مثل :

(★ ١ هو ★ ٢ ★ ٣) (ما هو ★ ١ ل ٢؟) .

وتعتمد طريقة برنامج «الطالب» في الحل على قواعد التناسب وتتكون الإجابة من «ملء الفراغات» في أنماط ثابتة.

ويستطيع برنامج وليم كولبي [٨] William Colby المعروف باسم باري Parry والـذي يحاكي سلوك شـديدي الشك والارتيـاب، أن يقوم بحـوار بلغة طبيعيـة مثل إليزا. إلا أن طريقة عمله أكثر تعقيداً لأنه يحوي مؤشرات مرتبطة بكلمات معينة مثل «الخوف، العار، الغضب» تعطي بموجبها درجـات مختلفة من الحدة للعبارات التي يدخلها «المريض» بحيث تختلف إجابة البرنـامج باختلاف مضمون المحادثة. وعلى أي حال تنطبق أوجه النقد الموجه إلى إليزا تماماً على برنامج الطالب وعلى باري.

الحواشي والمراجع

(١) تميزت برامج معالجة اللغات الطبيعية بعدم تمثيل المعنى الدلالي للجملة وقد ساد الاعتقاد في ذلك الوقت أن مجرد التلاعب الشكلي بالكلمات قد يكفي. فإذا أردنا مثلاً ترجمة جملة مثل: «John left for Cairo»، وكان لدينا قاموساً ثنائي اللغة، أن نقول للبرنامج ضع الفعل في المكان الأول في الجملة العربية، وهكذا يترجم البرنامج الجملة إلى «غادر جون إلى القاهرة». ورغم أن الحاسب قد قام في هذه الحالة بترجمة صحيحة، إلا أن ذلك تم دون أي تحليل لمعنى الجملة، ولهذا أعطت بعض برامج الترجمة الآلية والتي عملت عليها بنفسي في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الترجمة التالية: «معدل الاهتمام ورد بواحد في المائة» للجملة الإنجليزية Interest rate rose by 1% (المترجم).

(٢) Weaver, W. (1955), Translation, in Locke & Booth (eds.) Machine Translation of Languages, New York, Technology Press of MIT and Wiley.

(٣) يوصف برنامج بأنه تكراري recursive إذا استطاع أن يكرر نفسه. وليس كل لغات البرمجة تسمح بذلك، فلغة COBOL مثلاً لا تسمح بذلك. أما تكرارية اللغة فقد أشار إليها تشومسكي (Chomsky 1965)، وهي أننا يمكن أن نكون جملاً لا نهاية لها عن طريق تكرار تطبيق القواعد التكرارية. فمن المعروف مثلاً أننا يمكن أن نضع الصفة بعد الاسم في اللغة العربية مثل «الله القوي» ويمكننا أيضاً أن نضيف صفة ثانية مثل «الله القوي الغفور» ويمكن أن نضع صفة ثالثة مثل «الله القوي الغفور الرحيم» وهكذا ولا يوجد نقطة معينة يصبح فيها إضافة صفة أخرى غير ممكنة لغوياً. وفي الإنجليزية يمكن لنا قول. .Mary has flat feet ويمكن إضافة جملة جديدة ونقول: John suspects that Mary has flat feet ويمكن

أيضـاً أن نضيف جملـة ونقـول I think that John suspects that Mary has flat feet. وهكذا (المترجم).

(٤) معظم كلمات اللغة غامضة أي أن لها أكثر من معنى وأي نظرة إلى القاموس تـوضح ذلك بجـلاء. ففي المورد لمنير البعلبكي أحـد عشر معنى على الأقل لكلمـة «hit» وكلمة مثل play يمكن أن تكون اسماً مثل a play أو فعلاً played وعلى الحاسب أن يقرر أي معنى هو المستخدم في العبارة التي يحللها. وقد ثبت أن هذا في منتهى الصعـوبـة لأنـه يتطلب معـرفة لغـويـة كـاملـة ومعـرفـة بالسيـاق ومعـرفـة بالعالم. (المترجم).

(٥) Petrick,S.R, (1973) Transformational Analysisin Rustin (ed.) Natural language Processing, New York, Agorithmics Press, pp. 27 - 41.

(٦) Weizenbaum, J. (1966), Eliza, a computer program For the study of natural language communication between man and machine. CACM 9, pp. 36 - 45.

(٧) Bobrow, D. G. (1968) Natural language input for a computer problem-solving sysetem, in Minsky, M. (ed.) Semantic Information Processing, cambridge, Mass., MIT Press, pp., 133-215.

(٨) Colby, K. M., weber, S., & Hilf, F. D. (1972) Artificial paranoia in Artificial Intelligence 3.

الفصل الرابع
فهم الجمل المنفصلة

يصف هذا الفصل البرامج الأولى لتحليل اللغة الطبيعية باستخدام النحو. وقد اقتصرت هذه البرامج على تحليل الجمل منفردة وبمعزل عن الجمل الأخرى، وأمكنها الوصول إلى المعاني المنفصلة بدون أي محاولة للتكامل مع النص ككل. وقد ظهرت أول طرق تمثيل المعنى في نظرية روجر شانك Roger Schank لترابط المفاهيم.

مرحلة «المعاني والتراكيب»

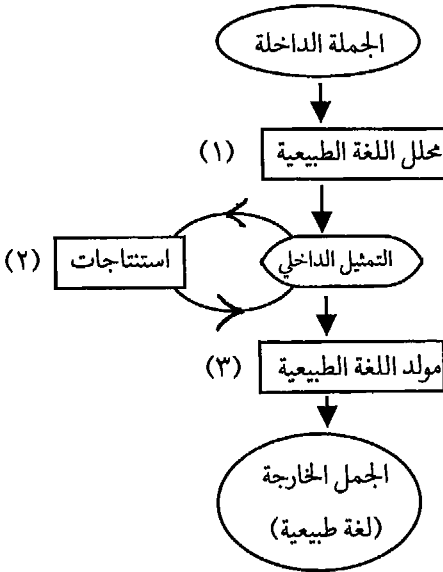
ارتبطت بداية هذه المرحلة (حوالي عام ١٩٧٠م) بفقدان الأمل في إمكانية تمثيل نحو لغة بأكملها داخل الحاسب، وقصر الباحثون جهودهم على تراكيب لغوية محددة تتصل اتصالاً وثيقاً باختبارات التحليل الدلالي. وكان أول برنامجين يدلان على هذا التغير برنامجي شردلو [١] Shrdlu لوينوجراد و ولونار [٢] Lunar لوود. وتتميز هذه المرحلة أيضاً بقصر هدف الفهم على الجمل المنفردة دون محاولة ربط هذه الجمل بنص كامل.

وعادة ما ينظّم البرنامج الكامل لمعالجة اللغات الطبيعية بالطريقة المبينة في شكل ٤ـ١ . وتضم الأشكال البيضاوية المعلومات ـ بأشكالها المختلفة ـ التي سيتم معالجتها، أما المستطيلات فتضم البرامج الفرعية التي تؤدي التحويلات المطلوبة بين هذه الأشكال.

وحيث إنه لا يوجد اتفاق عام على ما ينبغي على «التمثيل الداخلي» أن يحتويه أو على ماهية معنى الجملة، فإن تقسيم معالجة اللغات الطبيعية إلى ثلاثة برامج فرعية كما هو مبين هنا يكون اختيارياً تماماً، فيمكن مثلاً أن تبدأ عملية الاستنتاج قبل انتهاء عملية التحليل. علاوة على هذا فليس بالضرورة أن يحتوي كل برنامج على

خطوات استدلالية.

فالمطلوب عـادة من برنامج يستخدم اللغة الطبيعية لاستخـلاص المعلومات من قاعـدة للبيانات أن يستخلص المعلـومة الصحيحة، إلا أنـه قد يـوجد برنـامج أكثر تقدماً لتأويل الاستفسارات الغامضة. ويفضل بعض الباحثين مثل كولون(٣) Cou-lon وكـايـزر Kayser مفهـوم التفسير بـدرجـات مختلفـة من العمق على التمثيل الداخلي.



شكل ٤ ـ ١ تخطيط قياسي لفهم اللغات الطبيعية

إن برامج توليد النصوص أداة نافعة جداً لإظهار ما قد يفهمه نظام ما، فهو يضع التمثيل الداخلي الـذي يحتوي على المعنى في جمل صحيحة لغوياً. ويمكـن أن نذكر هنا ميهان(٤) T.Meehan، وماكدونالد(٥) D,McDonald إلا أن البحث في هذا

المجال لم يجذب كثيراً من الباحثين في الذكاء الاصطناعي، فقد اهتم أكثرهم بظاهرة الفهم، لذلك سنقتصر هنا على تناول عمليتي التحليل والاستدلال، ولن ننظر دائماً إليهما باعتبارهما منفصلين تماماً.

إن البرنامج الذي ظل مشهوراً في تاريخ الذكاء الاصطناعي هو برنامج «شردلو» بلا شك، الذي وضعه تيري وينوجراد في MIT. ويحاكي هذا البرنامج عمل إنسان آلي لديه القدرة على تناول عدة أشياء ذات أشكال مختلفة مثل المكعبات والأهرامات الموضوعة على منضدة، ويمكنه أن يتحدث بلغة طبيعية مع شخص ما وأن يجيب على أسئلته حول هذه الأشياء. ولقد ضم وينوجراد في برنامجه قواعد لغوية مستمدة من «النحو النسقي» systemic grammar لهاليداي(٦) Halliday، وهو عبارة عن نظام من الشبكات المنطقية التي تعبّر عن خواص معينة للوحدات التركيبية، خاصة لحالات الأفعال وأزمنتها وبنائها (للمعلوم أو المجهول). وتستخدم بعض المعاني الدلالية أثناء التحليل اللغوي مما يؤدي إلى خفض عدد البناءات الممكنة للجملة عما لو طبقنا المعايير التركيبية وحدها.

وفيما يلي مثال لحوار حقيقي لبرنامج شردلو:

مستخدم البرنامج: كم عدد الأشياء الموجودة على قمة المكعبات الخضراء؟

شردلو: أنا غير متأكد مما تعنيه بعبارة «على قمة» في الجملة «على قمة المكعبات الخضراء». هل تعني:

١ ـ مباشرة على السطح.

٢ ـ في أي مكان أعلى المكعبات.

مستخدم البرنامج: ٢

شردلو: هناك ثلاثة أشياء

مستخدم البرنامج: هل لمست أي هرم قبل أن تضع الهرم الأخضر على المكعب الصغير؟

شردلو: نعم، المكعب الأخضر

مستخدم البرنامج : متى التقطته؟

شردلو : عندما كنت أقوم برص المكعب الأحمر، والكتلة الحمراء الكبيرة والمكعب الأخضر الكبير.

مستخدم البرنامج : ولماذا التقطته؟

شردلو : التقطته كي أتخلص منه.

وهكذا.

ويبين هذا تمكن شردلـو من حل المسائل التي يتطلب حلهـا الرجـوع إلى ماسبق ذكره، مثل تحديد أي اسم أو عبارة اسمية يعود إليها ضمير ما. كما يبين البرنامج أنه «مـدرك» للـوسط المحيط بـه، وبـذلـك يكـون قـادراً على الإجـابـة على أسئلـة عن العلاقات بين الأفعال المختلفة.

وكان ويليام وودز يقوم في نفس الوقت تقريباً بـاستخدام طريقته المعروفة بشبكة الانتقال المعـززة Augmented Transition Network ATN (انظر الفصـل التالي) لبناء برنامج «LUNAR» للتحاور مع قاعدة بيانات باللغة الطبيعية. وتتكون قاعدة البيانات هذه من معلومات عن عينـات من صخور القمر التي جمعها رواد فضاء من NASA (الهيئة الأمريكية القومية للفضـاء). ويتم تحليل الأسئلة التي توجه للبرنامج على ثلاث مراحل:

أ ـ تحليل تراكيبي، يبني شجرة الأعراب أو عدة شجرات إذا أمكن.

ب ـ تحليل دلالي للشجرة أو الشجرات يبني التمثيل الداخلي للاستفسار.

ج ـ الاستجابة للطلب المتضمن في التمثيل الـداخلي للسؤال، وينطوي هذا على البحث عن المعلومات المطلوبة في السؤال و إعداد الرد باللغة الطبيعية.

ويشمل البرنامج ما يقرب من ٣٥٠٠ كلمة بالإضافة إلى قواعد النحو. ويستطيع برنـامج التحليل اللغوي أن يعرض فهماً محدوداً لعـلاقة الضمائر بالأشيـاء التي ترجع إليها وكذلك التركيبات المطمورة مثل العبارات الموصولة داخل الجملة الرئيسة.

وقد كان لبرنامج LUNAR تأثير عظيم جداً على تطور برامج اللغات الطبيعية

بسبب تقنيته المستخدمة لشبكة الانتقال المعززة ATN والتي أصبحت واحدة من أكثر الطرق شيوعاً في معالجة اللغات الطبيعية خلال السنوات العشر الماضية.

وفيما يلي أمثلة من الأسئلة التي يمكن أن يتناولها:

- ما هو متوسط تركيز الألمونيوم في صخور مرتفعة القلوية؟

- كم عدد العينات التي تحتوي على خامس أكسيد الفوسفور؟

وقد قام C.Riesbeck, C.Rieger, and N.Goldman تحت إشراف روجر شانك ببناء برنامج مارجي(٧) MARGIE الذي يحول عبارات من اللغة الطبيعية إلى شكل من الترابط الفكري، وسوف نقوم بوصف هذه العملية فيما بعد. ويمكن للجزء الرئيسي في البرنامج إما أن يعيد صياغة الجمل الداخلة إليه، أو أن يقوم باستنتاجات عن العالم الفكري الذي يكوّنه بالتمعن إما في أشياء معينة موجودة في ذلك العالم، أو في دوافع الناس التي تسكنه.

وفيما يلي مثال على قيام مارجي بإعادة الصياغة:

الجملة الداخلة: خنق جون ماري.

خرج: ١ـ قتل جون ماري بأن خنقها.

٢ـ خنق جون ماري وماتت لأنها لم تستطع أن تتنفس.

٣ـ ماتت ماري لأنها لم تستطع أن تتنفس، ولم تستطع أن تتنفس لأن جون عصر رقبتها.

وهذا مثال على قيام مارجي بالاستنتاج

الجملة الداخلة: أعطى جون ماري حبة أسبرين.

خرج: ١ ـ أعتقد جون أن ماري تريد أسبرين.

٢ ـ لم تشعر ماري بأنها على ما يرام.

٣ ـ أرادت ماري أن تتحسن.

وهناك نظرية أخرى كان لها نجاح كبير بين الباحثين في ا لذكاء الاصطناعي،

خاصة الذين لا يعتبرون التحليل التركيبي حلاً شاملاً لمشكلة استخراج المعنى، وهي نظرية (نحـو الحالات الإعرابية). ونورد هنا شرحاً مـوجزاً لها وعلى القارىء المهتم أن يرجع إلى المقال الأصلي لتشارلس فيلمور (٨).

إن الفكرة الأساسية في نحو الحالات الإعرابية أنها تعتبر الفعل هو المكون الرئيسي للجملة، وتـدرس العلاقـة بين مجموعات المركبـات الاسمية المرتبطـة به: بمعنى أن تحدد حالة كل منها الإعرابية.

وفي اللغات التصريفيـة inflectional languages يمكن أن تظهر حـالة الاسم بـوضوح على شكل نهايـة خـاصـة ينتهي بها بصرف النظر عن مـوقعـه من الفعل في الجملة، وهكـذا نجد في اللغـة البولنـدية: Chlopiec je gruszke يأكل الـولـد الكمثرى. ويمكن أن تكتب أيضاً: Gruszke je chlopiec.

فحقيقة أن «الولد» (chlopiec) هو فاعـل الفـعل تظـهر بالنهاية «ec ــ» للفاعل، وأن «الكمثرى» (gruszke) هي المفعول به تظهر بنهاية المفعول «e ــ». أما في اللغة الإنجليزية فلا تصرف الأسماء بحسب حالتها الإعرابية، وأقرب شبه لتصرف الأسماء هو حالات الضمائر مثل he/him, we/us.

ويـوضح فيلمور أن تصنيف النحـو التقليدي لمكـونات الجملـة مثل المفعول بـه والفاعل.. إلخ لا تفيـد إلا باعتبارها ظـواهر سطحية لـوظائف أعمق من الحالات الإعرابية. وترتكز وجهة نظره على ملاحظات كالتي تبينها الجمل الثلاث التالية:

١ ـ كسر جون النافذة بالمطرقة. John broke the window with the hammer.

٢ ـ كسرت المطرقة النافذة. The hammer broke the window.

٣ ـ انكسرت النافذة. The window broke.

فالفاعل في كل جملة من الجمل الإنجليزية مختلف، رغم أن الفعل واحد بمعنى أنه يمكن لكل من المركبات الاسمية الثلاث أن تؤدي نفس الدور التركيبي «الفاعل» رغم أن وظيفـة كل منهـا بالنسبـة للفعل مختلفـة، وبالعكس فإن فـاعل الفعل هـو (جون)، والأداة هي (المطرقـة) ومن وقع عليه الفعل (النافذة) تبقـى ثابتة في الجمل

الثلاث مع أنها متضمنة جزئياً في الجملتين الأخيرتين .

وتقترب كثيراً نظرية الترابط الفكري لشانك من فكرة (نحو الحالات الإعرابية)، وينحصر الفرق الرئيسي بينهما في أنه يربط الحالة الإعرابية للمركب الاسمي بالمكونات الدلالية الأولية للأفعال «primitives of verbs» والتي سنقدم تعريفاً لها في الفقرة التالية .

نظرية الترابط الفكري Conceptual Dependency

طور روجر شانك (٩) هذه النظرية كوسيلة للتمكن من تمثيل الجمل البسيطة بواسطة وصف منطقي يبين العلاقات بين المفاهيم المختلفة التي تدخل في هذه الجمل . ويمكن تلخيص الأفكار الرئيسية فيما يلي :

أ ــ يجب أن يكون لجملتين من نفس اللغة أو من لغتين مختلفتين نفس التمثيل الداخلي إذا كان لهما نفس المعنى وحتى إذا كانت بنيتهما التركيبية مختلفة تماماً .

ب ــ يجب أن تظهر كل المعلومات المتضمنة في الجملة في التمثيل الداخلي . بشكل صريح . فالجملة «ذهبت إلى ثلاث صيدليات هذا الصباح» تقود السامع إلى افتراض أنني قد فشلت في الحصول على ماأريد من الصيدليتين الأوليين ، ويجب أن يكون هذا الاستنتاج جزءاً من «معنى» هذه الجملة .

ج ــ يعبر عن كل فعل بمكوناته الدلالية الأولية : وبذلك تكون المكونات الدلالية للفعل «يشرب» مثلاً «يدخل إلى المعدة» ويمكن أن تعني أيضاً «يبلع» و«يأكل» . ويرتبط الوصف المنطقي schema بكل المكونات الدلالية ، ويجب أن يكتمل ، على الأقل جزئياً ، قبل أن تبدأ عملية الفهم .

ويمثل معنى الجملة بوصف منطقي يسمى «الترابط الفكري» ويحتوي على مقولات(أو عقد في الشبكة) من أربعة أنواع :

١ ـ الصور وهي مساوية للأسماء .

٢ ـ العمل أو الفعل وهو مساوٍ للأفعال أو مجموعات الأفعال.

٣ ـ معاونات الصور وهي تصف الصور أو تعدلها وبذلك تكون مساوية للصفات.

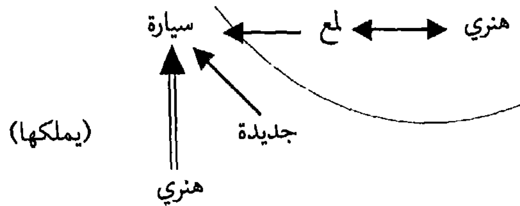
٤ ـ معاونات الأعمال أو الأفعال، وهي تصف الأفعال وبذلك تكون مساوية للظروف، أما الترابطات أو العلاقات فهي مايلي:

(أ) اعتماد متبادل بين مفهومين أو فكرتين، يبين أن كلاً منهما ضروري، ويحدث هذا غالباً بين الصورة والفعل.

(ب) اعتماد من جانب واحد بين الفعل ومعاون الصورة (أي بين الفعل والمفعول به) أو بين الصورة ومعاون الصورة (أي بين الاسم والصفة: المترجم).

(جـ) اعتماد من جانب واحد بين صورتين (مثل الإضافة: المترجم).

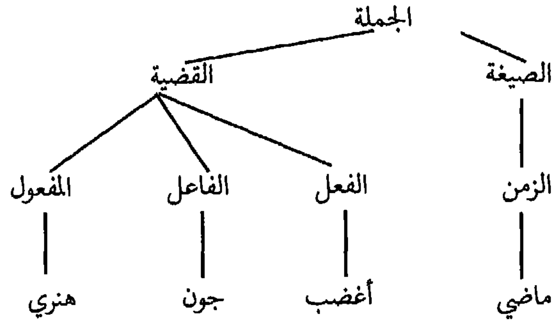
وهكذا تكون الخطوط التوضيحية للترابط الفكري لجملة «لمّع هنري سيارته الجديدة» كالآتي:



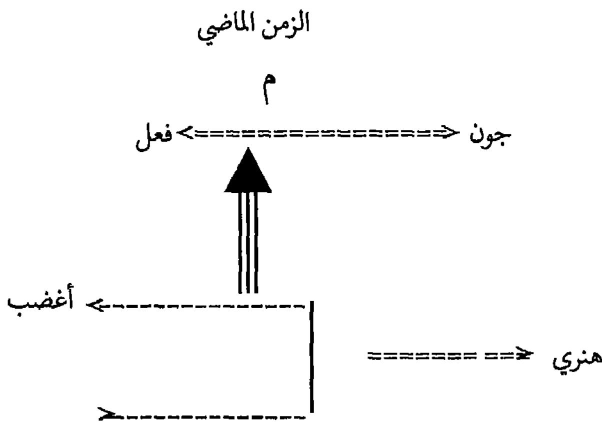
شكل ٤ ـ ٢ لمع هنري سيارته الجديدة

وللتمييز بين تمثيل الترابط الفكري وقواعد نحو الحالات الإعرابية دعنا نتناول جملة «أغضب جون هنري». ونعرض التمثيل النحوي لهذه الجملة في شكل ٤ـ٣.

ويعرض الترابط الفكري لعلاقات السببية causative معبراً عنه بالرمز ⇑ ففي جملة «أغضب جون ماري» نجد أن جون قد أدي فعلاً ليس واضحاً (فنحن لا نعرف ما هو: المترجم)، ونعبر عنه ب يفعل DO، ونتيجة لهذا الفعل أصبح هنري في حالة غضب. ويوضح شكل ٤ ـ ٤ تمثيل الجملة في نحو الحالات الإعرابية حيث ترمز «م» إلى الزمن الماضي.



شكل ٤ ـ ٣ تمثيل نحو الحالات الإعرابية لجملة «أغضب جون هنري».



شكل ٤ ـ ٤ تمثيل للترابط الفكري لجملة «أغضب جون هنري».

وهكذا، لكي نبسط المسألة بشكل ما ، فإن عمليـة تمثيل المعنى لجملة ما يتكون من ترابط الأصول الأوليـة للأفعال وتكملة الأبنيـة المرتبطة بها، وهنـاك مـا يقـارب

من ١٢ ـ ١٤ من الأصول الأولية نذكر بعضاً منها :

تحويـــلات مجردة : وتبين الفكـرة المجـردة لنقـل شيء إلى شخص آخـر (مثل يعطي)، أو للنفس (مثل يأخذ) أو تحويـل فوري لأشياء عـديدة (مثل الشراء والتي يمكن أن يتضمن تحويل نقود وبضائع).

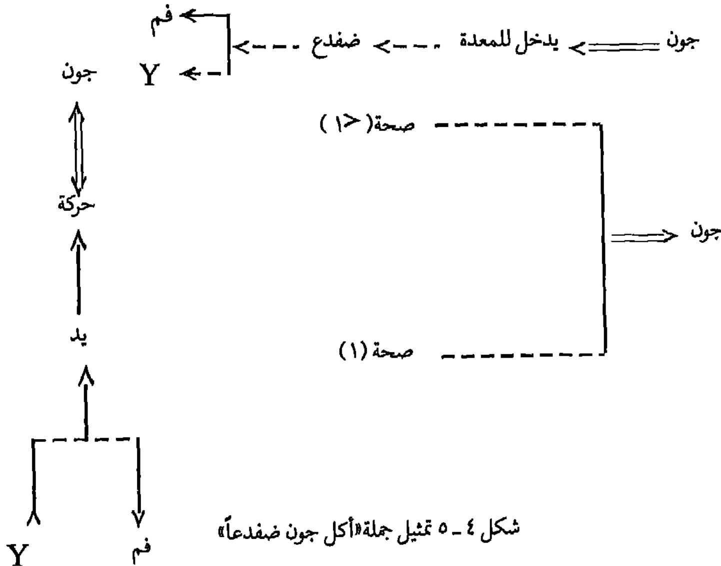
تحويـلات محسـوسـة : وتبين تحويل الأشيـاء المحسوسـة من مكان لآخـر، مثل «يذهب» مشيرة إلى انتقـال الإنسان نفسه من مكـان لآخر أو «يضع» مشيرة إلى شيء محسوس.

بنـاء : وتشير إلى العملية العقلية لبناء معلومات جـديدة من معلومات سابقة، مثل يقرر، يستنتج، يتخيل، يستدل، ويعتبر.

الحديث : وتشير إلى إصدار الأصوات مثل يتكلم، يغني، يصرخ.

التنبه : وتشير إلى استخدام أحد أعضاء الحواس للاستجابة إلى مثير مثل يسمع ويرى.

الطـــرد : ويشير إلى إخـراج الحيـوان لشيء مثل يتنفس، يصرخ، يبصق، أو يصرخ.



شكل ٤ ـ ٥ تمثيل جملة «أكل جون ضفدعاً»

ويعطينا شكل ٤ ـ ٥ تمثيلاً لجملة «أكل جون ضفدعاً»، ويعني هذا أن جون قد أدخل إلى معدته ضفدعة، وهي تلك التي حصل عليهـا، بأن أخذها في يده وحملها إلى فمه: ونتيجـة لذلك فإن صحـة جون سـوف تعاني بالتأكيـد ـ إن هـذا الاستنتاج الأخير هو بالتأكيد مظهر للفكر الأساسي لروجر شانك.

إن برنامج ريزبك Riesbeck للتحليل الفكري ـ والذي استخدم في التوصل إلى هذا التمثيل ـ يتأثر بـالتمثيل النهائي المتوقع إلى حد كبير وهذا يولـد بدوره التوقعات الممكنة. وسوف نعرض في الفصل الخامس صورة لهذا البرنـامج. وقد قـام ويلكس (١٠) بأعمال مشـابهة من خـلال نظـريتـه في الـدلالـة التفضيليـة preferntial se-mantics.

الحواشي والمراجع

(1) Winograd T. (1972), Understanding Natural Language, New York, Academic Press.

(2) Woods W., Kaplan R., Nash-Webber B. (1972), The Lunar Sciences Natural Language System, BBN final report, Cambridge, Mass.

(3) Coulon D., Kayser D. (1980), Un systeme de raisonnement profondeur variable, Congres AFCET-TTI, Nancy, pp.517-527.

(4) Meehan J.R. (1976), The metanovel: Writing stories by computer, ph.D.thesis, Yale University report No. 74.

(5) McDonald D. D. (1980), Language production as a process of decision making under constraints, ph.D. thesis, MIT, Cambridge, Mass.

(6) Halliday M. A. K. (1970), Language structure and language function, in New Horizons in Linguitics, John Lyons ed.), Harmondsworth, England, Penguin Books.

(7) Schank R. C. (1975), Conceptual Information Processing, New York, North Holland.

(8) Fillmore C. (1968), The case for case, in Bach & Harms (eds.), Universals in Linguistic Theory, Chicago, Holt, Rinehart and Winston.

(9) Schank R. C. (1972), Conceptual Dependency: a theory for nat

ural language understanding, Cognitive Psychology, 3.

(10) Wilks Y.(1975), A preferential pattern-seeking semantics for natural language inference, Artificial Intelligence 6, pp.53-74.

الفصل الخامس
بعض طرق التحليل الآلي للغات الطبيعية

نتناول في هذا الفصل مشكلة التعرف على مكونات جمل اللغات الطبيعية وتحديد العلاقات (النحوية والدلالية) بين هذه المكونات، وكذلك وصف معنى الجملة وصياغة هذا الوصف بالصورة التي تتطلبها المعالجة الداخلية بالحاسب. وأتجنب هنا عن عمد إعطاء أي تعريف ثابت «للمعنى»، تاركاً بدون تحديد ما إذا كانت المعالجة لا تتعدى مجرد التعرف على مفاهيم معينة مثل: الفاعل والفعل والمفعول به، ومكان الحدث، وما إلى ذلك، أو إذا كان يشتمل قبل كل شيء على استنتاجات. ويتضمن المعنى بالنسبة لشانك ومؤيدي نظريته جميع العمليات المعرفية التي تلعب دوراً في عملية الفهم.

وسوف نتناول هذه القضايا بتفصيل أكثر في الفصل الثامن وهو عن فهم النصوص، ونتناول هنا فقط ترجمة جمل اللغة الطبيعية إلى شكل يمكن أن يمثّل داخل الحاسب.

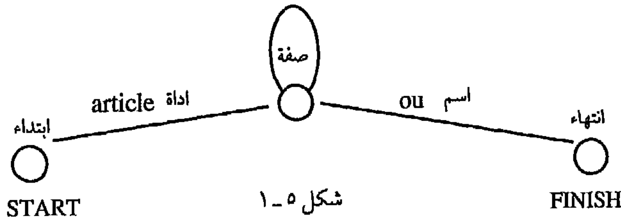
شبكات الانتقال المتكرر

Recursive Transition Networks (RTNS):

ويشير هذا التعبير إلى طريقة لتوصيف النحو. وتعتبر شبكات الانتقال المتكرر تطويراً لأوتوماتية الحالات المحدودة finite state automata مع بعض الشروط الضرورية واللازمة لأخذ الطبيعة التكرارية لبعض التعريفات في الاعتبار. وتعتبر شبكات الانتقال المتكرر مساوية في قدرتها على التعبير للنحو المتحرر من السياق context free grammar.

وتتكون أوتوماتية الحالات المحدودة من مجموعة من العقد nodes التي تمثل حـالات states ، تتصل بأقواس تبين شروط عملية الانتقال من حالة إلى أخرى . فهناك حالة أولية تمثل البدايـة (ابتداء) وهناك حالـة أو أكثر تمثل النهاية (انتهـاء) . وبالنسبة إلى شبكات الانتقال المتكرر تعنون الأقواس إما بكلمات أو مقولات categories ، بمعنى أن حالة الانتقال التي يمثلها القوس تتم عندما تكون الكلمة المدخلة مطابقة للكلمة التي على القوس، أو من نفـس المقولة إذا كـان القوس مسمى بمقـولات . ونقول إن الأوتوماتون سوف يقبل تتابعاً معطى من الكلمات إذا استطاع أن يأخذ الكلمة الأولى كابتداء ويصل إلى الكلمة النهائية (انتهاء) .

ويستطيع الأوتوماتون في شكل ٥ ـ ١ أن يقبل عبارة «the pretty little pony» ، أو مجرد «the pony» ولكنه لا يستطيع أن يقبل «little pony» .



شكل ٥ ـ ١

أوتوماتون الحالات المحدودة لعبارة اسمية بسيطة جداً .

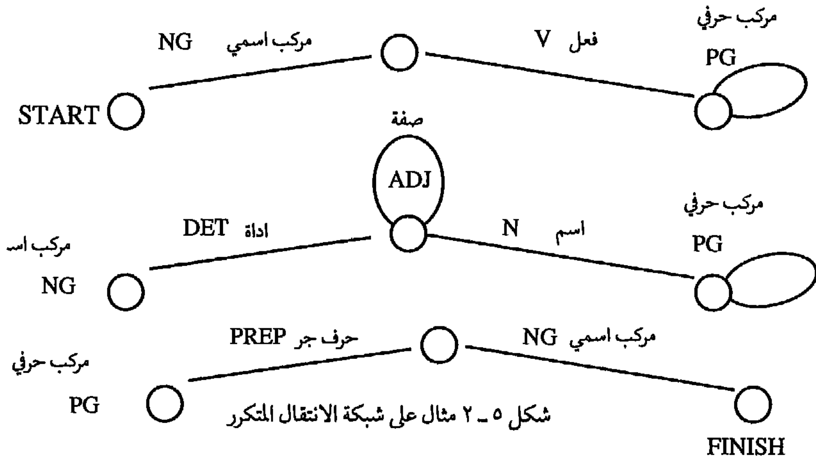
ولا يستطيع مثل هذا الأوتوماتون أن يعطي تمثيلاً يعبر عن التكرارية في عبارة مثل «زوج أخت بـواب صـــــالة الفنـدق» ، والتي تتسم بأن لها عــدد اختيـاري من الإضافات [(١)] . ويمكن دائماً استبدال الجمل المتداخلة nested clauses بتركيبات تكراريـة iterative ، ولكن عادة ما يتسبب هذا في تشـويه البنية الطبيعية للمعنى . ويمكن تجنب هـذه الصعـوبة بأن لا تقتصر عنـونـة الأقـواس في شبكات الانتقـال المتكـرر على كلمات أو مقولات ولكن بـرموز لمقـولات غير طـرفية مثل م س «مـركب اسمي» أو م ف «مـركب فعلي» والتي تعـرف بأوتومـاتيـات أخرى تشكل جـزءاً من أوتومـاتية أكبر وقـادرة على الانتقال داخلها . وهـذه هي الفكرة وراء تقنيـة شبكات

الانتقال المتكرر. ويوضح شكل ٥ ـ ٢ شبكة انتقال متكرر لجملة «The clever little daughter of the owner of the sweet-shop has won a scholarship to Oxford».

«الابنـة الصغيرة الماهــرة لمالك محل الحلـوى كسبت منحـــة دراسيـة بجــامعـة أوكسفورد»(٢).

وتتكون المقولات الطرفية هنا من س (اسم)، ف (فعل)، ص(صفة)، ج(حرف جـر)، د (أداة). وتتكون المقـولات غير الطـرفية من م س (مـركب اسمي)، (م ح) مركب حـرفي. ويبين احتمال اشتمال المركب الاسمي على مركـب حرفي، وأن العكس صحيح أيضاً أهمية شمول إمكانية الإرجاع في لغات البرمجة.

وهذه طريقـة عملية جداً لتحليل الجمل، ولكنها لا تسمح لنا بسهـولة أن نأخذ في الاعتبار جميع الظواهر في اللغات الطبيعية، وخاصة بعض الظواهر السياقية، رغم أنـه يمكن تناولها بـازدواج مستفيض في المواصفـات كما سنبين فيها بعد. وفي عمليـة التحليل يعتمد المسار الـذي يتخذ عند ترك العقدة على الطريق الذي تـم به الوصول إليها. فقد نود أن ننظر مثلاً إلى الفعل في الجملـة لمعرفة ما إذا كان يتفق مع الاسم في المركب الاسمي، وهـذه مسألة تشغل كثيراً من علماء اللغـة، وذلك أن الفعل يمكن



شكل ٥ ـ ٢ مثال على شبكة الانتقال المتكرر

أن يفهم بمعان مختلفة عديدة. وقد يتوقف اختيار المعنى المناسب، مثلاً على طبيعة الاسم إذا كان يدل على كائن حي كإنسان أو حيوان أو على جماد كمنضدة.

ومن الممكن ضمان الاتفاق في العدد بواسطة قواعد النحو المحرر من السياق على النحو التالي(٣):

جملة : جملة مفردة/ جملة جمع

جملة ـ مفردة : = مركب اسمي مفرد/ مركب فعلي مفرد

جملة ـ جمع : = مركب اسمي جمع/ مركب فعلي جمع

مركب – اسمي ـ مفرد : = أداة مفردة/ صفة مفردة/ اسم مفرد.

. . . . إلى آخره.

إلا أن هذه القواعد تكون مجهدة للبرنامج. ويمكن التعبير عن الظواهر السياقية بطريقة أدق باستخدام أنظمة شبكات الانتقال المعززة Augmented Transition Networks (ATNs) الذي استحدثه وودز(٤) والذي سنصفه فيما يلي:

شبكات الانتقال المعززة

Augmented Transition Networks (Ants)

تتميز شبكات الانتقال المعززة عن شبكات الانتقال المتكرر بثلاث ميزات:

(١) تسمح لأي نوع من الاختبار أن يرتبط بالأقواس، كما تسمح بفرض شروط كأن تكون الكلمة من مقولة معينة أو مجموعة دلالية أو تركيبية محددة. وبذلك قد تتطلب أن يكون الاسم من نفس مجموعة الأداة الموجودة سابقاً في الشبكة، وعلى هذا يمكن أن نرفض مثلاً «نافذة» أو «تليفون» كفاعل لفعل «يحلم».

(٢) تسمح لنا أن نحدد ما يقوم به البرنامج إذا ما اتخذ المسار فرعاً معيناً: مثل تخزين معلومة ما لاستخدامها فيما بعد.

(٣) تعطينا مجموعة من المسجلات set of registers لتخزين العلاقات بين الشبكات الفرعية العديدة لنظام كامل.

وقد استحدث وودز مصطلحات قياسية لوصف قواعد النحو طبقاً لصياغة شبكات الانتقال المعززة، فهناك، على سبيل المثال، قوس من نوع «قفزة» jump

ليسمح بالانتقـال من حالة إلى أخرى بـدون استخدام كلمة الإدخال . وهنـاك أيضاً وسيلة مقننـة لنأخذ في الاعتبـار الجمل الرئيسـة والجمل الموصولـة عندمـا نحتاج إلى الرجوع إلى بـداية الجملة بعد جمل اعتراضيـة كثيرة مثل جملة «الولد الـذي رأيته أمس ينزل من الباص مع فتاة جميلة معها شمسية حمراء هو ابن القس» (٥).

ويمكن لبرنـامج شبكـات الانتقـال المعـززة في شكل ٥ ـــ ٣ أن يفهـم الأسئلـة التالية :

١ (أ) - ما هي السفينة التي لها أكبر طول ؟

١ (ب) - ما هي أطول سفينة ؟

٢ (أ) - ما هي السفن ذات أكبر طول ؟

٢ (ب) - ما هي أطول السفن ؟

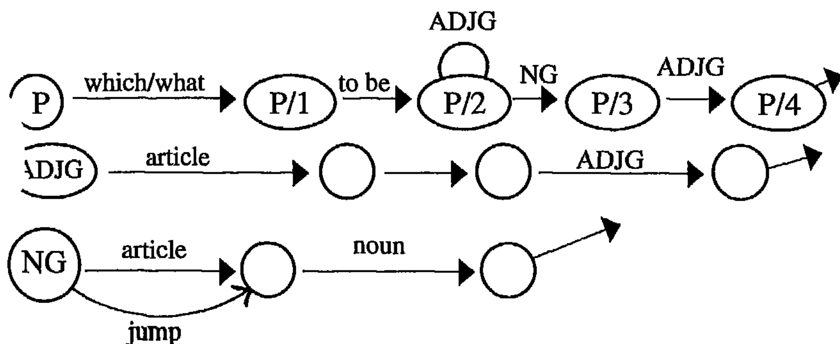
ونعيدهم هنا باللغة الإنجليزية حتى يتفهم القارىء البرنامج :

1 (a) Which is the ship of greatest length?

1 (b) Which is the longest ship?

2 (a) Which are the ships of greatest length?

2 (b) Which are the longest ships?



ADJG = adjectival group

NG = noun group

comp = comparison (greater/lesser length)

شكل ٥-٣ تحليل شبكات الانتقال المتكرر لجملة «Which is the longest ship?»

إن الجملتين في (١أ) و(١ب) لهما نفس المعنى وكـذلك (٢أ) ، (٢ب)، ويمكن تـوضيح الفـرق بين المجمـوعتين بضبط سجل العـدد للمفـرد أو الجمع بعـد تحليل الكلمة الداخلة (is/are) أو(ship/ships) ويمكن استخدام تلك الوسيلة لاكتشاف الأخطاء النحوية إذا كتب شخص "The Ship are"

تحليل الاستفهامات Analysis of queries

تمتـاز البرامج المستخدمـة هنا بأن الجمل التي تقبلهـا لا تحدد بواسطـة مجموعـة قواعـد كما هو الحال إذا كانت مـولّدة بـواسطة نحو بنـاء الجملةPhrase Structure grammar أو بواسطة مخطط بيـاني يحدد المسار فيه المقولـة التي تنتمي إليها الكلمة الـداخلة . وبـرامج التحليل من هـذا النوع (تحليـل الاستفهامـات) لا تفحص كل كلمة بل تـركز على مفـاهيم معينة ترتبط عـادة بالفعل . وتـرتبط هذه المفـاهيم عادة بالحالات الإعرابية مثل الفاعل والمفعـول والأداة . . إلخ أو بصيغة الجملة مثل الزمن والتي يبحث عنهـا البرنـامج بمجرد التعـرف على الفعل . وفي مثل هـذا التحليل لا ترتبط هـذه المجموعة من الحالات بـالفعل نفسه ولكن بـالمكونات الـدلالية -Prim itives (انظر الفصل الـرابع) : وعلى هذا ففي نظرية الترابط الفكـري تكون «يبلغ» المكون الدلالي لـ«يبتلع» ، «يأكل» ، «يشرب»، «يزدرد» . . إلخ .

وتصبح الأفعـال أكثـر الكلمات أهميـة في المكـون الفعلي ، والأسماء في المركبـات الاسمية ، ويـرتبط بها الأسئلة التي يمكن أن تـولد تـوقعات وقيـود يجب تلبيتها فيما بعد . وتتميز مثل هذه البرامج بالقوة وحسـاسيتها القليلة للاختلافات في التعبير عن نفس الفكرة أو تكـوين إطار لنفس السؤال ، وذلك لأن ترتيب الكـلام ليس ذا أهمية أساسيـة في عملية التحليل . ولهذا فليس هناك حـاجة للتنبؤ بجميع الطـرق الممكنة التي يمكن بها التعبير عن الجملة الـواحدة ، ومن ناحية أخـرى لا تسمح بقبول أي تخريجات تتبع طرق تـرتيب الكلام . وأفضل تلك البرامج هـو ذلك الذي استحـدثه ريزبك Riesbeck [٦] والذي استمد من جمل اللغة الطبيعية البنية المناظرة لنظرية الترابط الفكري ، (الفصل الرابع) . وأهـم ملامح مثل هذه المحللات ما يلى :

١- إنها لاتبحث عن بناء تركيبي للجملة ، ولكن تحاول أن تجد المعنى مباشرة في السياق الذي تظهر فيه الجملة .

٢- تستخدم قدرا بسيطا جدا من المعلومات التركيبية .

٣- تعطي أهمية بالغة لعملية الاستدلال والمعتقدات، ولا تميز كثيرا بين المعلومات اللغوية وغير اللغوية . وتبدأ عملية ايجاد البنية الدلالية قبل الانتهاء من قراءة الجملة بأكملها . ويدّعي ريزبك بقوة أن من المحتمل أن تكون هذه هي الطريقة التي نتبعها في فهم اللغة .

ونصف هنا المحلل الذي وضعه ريزبك واسمه «مفسر اللغة الإنجليزية» English Language Interpreter(ELI) (٧) وله ثلاث خواص :

(أ) يتكون القاموس من قواعد إنتاج Production rules (انظر الفصل الثاني عشر) وهي تؤدي الجانب الرئيسي من التحليل .

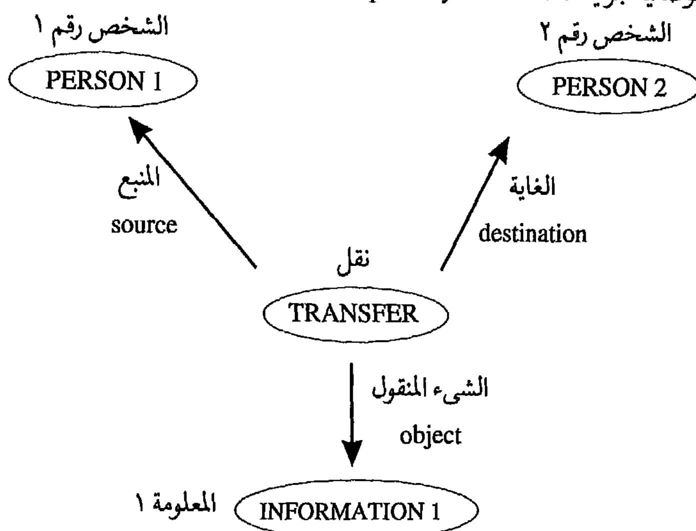
(ب) يستخدم قيودا تعبر عن ترابط المفاهيم التي تبنيها لكي تتحكم في استخدام هذه القواعد .

(ج) يستخدم وصفا منطقيا شاملا موضحا ترابط المفاهيم .

وهناك نوع خاص من قواعد الانتاج يسمى الطلب؛ والتي لها بالإضافة إلى المواصفات المعتادة من القيود والأفعال مجالات إضافية مثل بؤرة الاختبار والمقترحات ، وتساعد الأخيرة على تحديد اختبارات إضافية تنفذ في حالة تلبية طلب بعينه .

ويساهم تنفيذ اختبار ما بوجه عام في بناء تركيب بنيوي - دلالي وفي تحديد المعلومات المطلوبة لاستكمال هذا البناء والتي تتمثل في أن كثيرا من الخواص لم تتحدد قيمتها بعد، وعادة ما تكون هذه خواص الفعل، فمثلا إذا كانت الجملة تحت التحليل هى «قال جون لماري إن روبرت سينصرف» ، فبمجرد أن يتعرف البرنامج على الفعل «يقول» (في شكل قال) ، يقوم البرنامج بالدخول إلى القاموس

وينتج عن هذا خلق بنيـة للمدخل المعجمي المنـاسب كما في شكل ٥-٤ . وهنا تتم عملية إحـلال الشخص رقم ١ بـ«جـون» وتنتظر عمليـة استكمال باقي البنيـة تقدم التحليل بعـد ذلك . ويمكننا أن نعبر عن هـذا بقولنـا إن البنية قد اكتسبـت قيمتها الموضعية جزئياً partially instantiated



شكل ٥-٤ بنية جزئية تعتبر عن إعطاء شخص معلومة عن نفسه لآخر

وقـد تكـون هنـاك قيـود يجب مـراعـاتها في هـذه العمليـة ، فمثـلا يجب أن يكـونperson 2 «شخص فعلا» ولكـن Information 1 (معـلومة ١) يمـكن أن تكون فكـرة كاملة ، (في هذه الحالة «سينصرف روبرت») .

ويقوم مترجم اللغـة الإنجليزية ELI بالرجوع إلى القامـوس عند قراءته الكلمات المدخلة وذلـك لاستخراج التعريفـات التي يمررهـا بدوره إلى بـرنامج فـرعي يسمى «ادمـــج»Incorporate . وينتج عن هـذا مجمـوعة مـن الطلبات تحمل لـذاكـرة الحاسب ، حيث يتم اختبارها بواسطة برنامج فرعي آخر يسمى «انظر في»consider الذي ينفذ تلك الطلبـات التي تتوافر شروطها ويستبعد التي تتنـاقض مع باقي البنية بذاكرة الحاسب .

مشكلة عائد الضمائر The problem of pronominal reference

المشكلة هنا هي أن نجد الاسم الصحيح الـذي يعود عليه الضمير، وهي واحدة من أصعب المشاكل التي يستعصى حلها في عموميتها التامة. انظر إلى الجمل التالية وهى معدلة من مثال لجاك بيترا (٨) Jacques Pitrat

أرسل المدرس الولد للناظر لأنه :

١- قد تحمل منه كثيرا.

٢- كان يلقي الحجارة.

٣- كان يريد أن يراه.

ونحن لا نجـد صعوبة في تحديـد على من يعـود الضمير الغائب في كل حـالة ، رغم أنه لا يمكن صياغـة قاعدة استدلال منطقية دقيقة تضمن التـوصل إلى الإجابة الصحيحة.

وفي هذا المثـال لا يوجد مـا يمنع أن يكون الـولد «قد تحمل منـه كثيرا»، رغم أنه يبدو أن الاحتمال الأرجح أن ذلك يعود إلى المدرس ، كما أنه لا يوجد ما يمنع المدرس من إلقاء الحجارة ، ولكن إذا كان ذلك كذلك فلماذا اذاً أرسل الولد إلى الناظر؟ وهل يكون ذلك منطقيـا مع السلوك المتوقع من المدرس ؟ والسـؤال الذي يبرز هنا هـو ما هي المعـرفة التي نستمـد منهـا ما يجعلنـا نحل مثل هـذه المشكلـة بهذه الدرجـة من السهولة ؟ والإجابـة هو أننا نستخدم مجموعة عريضة متسعـة من مواد معرفتنا-التي نكتسبها بـالفطرة السليمـةcommonsense - ومن خلال إحسـاسنا بالعالم حـولنا وإدراكنا للعلاقات الاجتماعية والسياسية فيه .

والبرامج الموجودة التي يمكن أن تحل مثل هذه المشاكل قليلة جدا، ذلك أنه من الصعب جدا في ظل التقنية الموجودة حاليا أن نعطي الآلة تمثيلا لكل هذه الأجزاء من المعرفة الفطرية والتلقائية.

ومثل هـذه البرامج الناجحـة فعلا قـد صممت لأهداف محددة جـدا وتستخدم طرقا بسيطة للغاية ، . وإحـدى هذه الطرق أن تأخذ عائد الضمير على أنه الاسم أو المركب الاسمي السـابق للضمير ، وهنـاك طـريقـة أخـرى تعطي لكل اسم سـابق

للضمير رقما يقل كلما بعد الاسم عن الضمير ويزيد كلما وجدت علاقة دلالية معه.

مشكلة العطف والحذف

The Problem of Congunctions & elliptic constructions

إن استخدام العطف– وهو طريقة مناسبة جدا لربط عبارتين ببعض أو لتجنب تكرار جزء من الجملة – قد يثير بعض المشاكل الدقيقة في تحليل جمل اللغات الطبيعية. انظر إلى هاتين الجملتين:

حضر بول وجون للعشاء.

لعب جيمس الكمان، وآن البيانو.

وبالمثل يمكن أن تنشأ مشاكل من حذف أجزاء من الجملة وتؤخذ على أنها متضمنة:

ما هي عاصمة ألمانيا؟ المكسيك؟

إن الفكرة الأولى التي تخطر في البال عند التعامل مع مشكلة العطف هي أنه كلما وجد عطف، نحاول أن نجد ما إذا كانت الجملة التالية مباشرة متمشية جزئيا على الأقل مع القاعدة النحوية المستخدمة أخيراً. وعلى هذا ففي المثال السابق:

و«آن البيانو»

متمشية جزئيا مع التركيب:

فعل اسم أداة اسم

وهو

«لعب جيمس الكمان»

وما ينقص هنا هو الفعل.

والاحتمالات هنا لسوء الحظ كثيرة جدا، ولا يمكن استبعادها إلا بمعايير دلالية أو بالاعتماد علي الحدس السليم، ومن الممكن أن يكون هناك غموض أساسي

مثل :

«مواقف السيارات محجوزة لكبار المسئولين والمديرين»

حيث أنـه ليس من الـواضح إذا كان يستطيع المديـرون استخـدام المواقف أم أن ذلك مقصورا على كبارهم فقط؟

وهناك صعـوبة أكبر نـاتجة عن الاستخدام المختلف لبعض الكلمات التـي تشبه المعـامـلات المنطقيـة في اللغـات الطبيعيـة ، من نـاحيـة واستخـدامهـا في معـالجة المعلومات من ناحية أخرى . فلننظر إلى هذا الاستفسار :

كم عدد الحاسبات الشخصيـة التي بعناها في شمال وجنوب كـارولينا ؟ إذا عبّرنا عن هذا السؤال باللغة الصورية التي يمكن أن يقبلها برنامج استعلام قاعدة البيانات ، فإن الجزء الأخير من الاستفســار والذى يحدد منطقـة البيع يمكن التعبير عنـه بأي شكل من الأشكال الأربعة التالية :

١- منطقة = شمال وجنوب كارولينا

٢- منطقة = شمال أو جنوب كارولينا

٣- منطقة = شمال كارولينا أو جنوب كارولينا

٤- منطقة = شمال كارولينا وجنوب كارولينا

والشكل الـوحيد الصحيح هـو رقم (٣)، لأن رقم (٤) يتضمن تناقضـا . إذ لا تـوجد منطقـة يمكن أن تسمى شمال كـارولينـا وجنـوب كارولينـا في نفس الـوقت . والنقطة الأساسية هنا أن المعاملات المنطقية مثل «و» و«أو» يختلف معناهما في اللغات الطبيعية عنه في المنطق الصوري . وهناك وصف جيد لمشاكل تحليل اللغات الطبيعية في كتب تيري وينوجراد Terry Winogra [٩] ووندي لينيرت [١٠] Wendy Leh-nert.

خـــاتمة

هناك العديد من المشاكل التي لم تحل في تحليل اللغـات الطبيعية . فبالاضافة إلى صعوبة وضع قواعد النحو الصـوري التي تسمع بتوليد جمل صحيحة للغاتٍ طبيعية

فهنـاك السؤال المنطقي فيما إذا كـان هنـاك فائدة من وراء ذلك ، لأننـا نستطيع فهم الكثير من الجمل غير النحوية . كما أن غنى اللغـات الطبيعية نتيجة للمعاني الكثيرة التي يمكن أن تفهم بها الكلمة الواحدة والغموض واللبس الذي يعطي اللغة الكثير من الجمال ، سيظل يجعل تحديد طرق تمثيل معرفتنا بالعالم تحديا رئيسيا .

الحواشي والمراجع

(١) تتميز الإضافة في كل من اللغة العربية والإنجليزية بأنه يمكن إضافة مركب اسمي جديد لكل إضافة وبالتالي تصبح غير محدودة فمثلا نستطيع القول في اللغة الإنجليزيةthe cousin of the king ويمكن إضافة مركب اسمي لهذه الإضافة فتكون the cousin of the cousin of the king ويمكننا إضافة مركب اسمي جديد لتكون The cousin of the cousin of the cousin of the king . . . وهكذا ، ويحدث نفس الشيء في اللغة العربية ؛ فيمكننا أن نقول بائع الحلوى ونضيف اسما جديدا ونقول ابنة بائع الحلوى ثم نضيف اسما جديدا ونقول زوج ابنة بائع الحلوى . . وهكذا (المترجم) .

(٢) توضح هذه الجملة الطبيعة التكرارية في اللغات الطبيعية . (المترجم) .

(٣) النحو المحرر من السياق context free grammar يضم قواعد من نوع A->B أي أن كل A تتحول إلى B ولا توجد قيود أو شروط على تطبيق مثل هذا النوع من القواعد . وقد استخدم نوم تشومسكي هذا النوع من النحو في عام ١٩٥٧ عندما قدم نظريته التحويلية في كتابه Syntactic Structure . وقد اعتبر تشومسكي في ذلك الوقت أن هذا النحو غير قادر- بمفرده - على تمثيل المعرفة اللغوية ولهذا قدم المكون التحويليtransformational component . وجدير بالذكر أن هناك نظريات توليدية حديثة تعتبر أن النحو المتحرر من السياق قادر على تمثيل المعرفة اللغوية وأن اللغات الطبيعية في الأساس متحررة من السياق (انظر Gazdar ونظريتا في كتاب Generalized Phrase Structure Grammar(1985)

(4) Woods, W. (1970) Transition network programs for natural language analysis, CACM 13 10, pp. 591-606.

(٥) نلاحظ هنا أن الجملة الأساسية هي «الولد هو ابن القس»، وهناك عدة جمل

اعتراضية وردت بين المبتدأ وخبر الجملة ومع ذلك لا نجد صعوبة في فهم الجملة وأن المقصود بابن القس هنا هو الولد وليس غيره من الأسماء .

(6) Riesbeck, C.K. (1975). Conceptual analysis in Conceptual information processing, Schank (ed.,NewYork, North Holland.

(7) Riesbeck, C.K. (1978), An expectation-driven production system for natural language understanding, in pattern-directed inference systems, Waterman and Hayes-Roth (eds.), New York, Academic Press.

(8) Pitrat, J. (1978), La programmation informatique du language, La Recherche No. 93.

(9) Winograd, T. (1982), Language as a Cognitive Process, Reading, Mass., Addison Wesley.

(10) Lehnert, W. and Ringle, M. (1982), (eds.), Strategies for natural language processing, Hillsdale, N.J., Lawrence Erlbaum.

الفصل السادس

فهم الكلام : بعض جوانب المشكلة

إن الشغل الشاغل لعلماء الذكاء الاصطناعي هو تطوير برامج وديةFriandly للوصل بين أنظمة معالجة المعلومات والذين يستخدمونها، بهدف التوصل إلى المعلومات. وحيث أن الكلام من أكثر وسائلنا الطبيعية للاتصال. فقد انجذب كثير من الباحثين إلى ميدان فهم وتخليق الكلام. وتقتصر معالجتنا في هذا الفصل على مشكلة فهم الكلام، وهي المشكلة الأصعب ، وعلى القاريء المهتم بتخليق الكلام الرجوع؛ على سبيل المثال إلى ويتن(١٩٨٢)Witten [1] . إن فهم الكلام أكثر صعوبة من فهم اللغة المكتوبة وذلك لعدة أسباب أهمها ما يلي :

(١) تحتوى الرسالة المنطوقة على «ضجيج» قد لا يحمل أي معنى .

(٢) ويجب طبعا حذف مثل هذه الأصوات التي ليس لها دلالة لغوية أثناء تحليل الكلام.

(ب) نطق الكلام نادرا ما يكون مضبوطا، ويختلف نطق نفس العبارة من شخص إلى آخر.

(ج) يختلف نطق المتحدث الواحد لنفس العبارة من وقت لآخر، حسب حالته النفسية والفسيولوجية .

(د) يمكن أن يختلف نطق الصوت الواحد تبعا لما إذا كان ينطق منفردا أو مع كلمات أخرى .

(هـ) ليست هناك حدود واضحة في الإشارة الصوتية بين الكلمات المتتالية ، ويمكن أن تكون هناك فترات صمت في منتصف الكلمة، أو غياب، أي

توقف بين الكلمات المتتالية .

(و) يمكن أن يكـون للكلمات المختلفة تماما في الهجـاء نطقا واحـدا، مثل ,pair
. pare,pear ', right write, rite

والنتيجة هى أن المدخل إلى برامج تحليل الكلام هـو نسيج من العناصر الصوتية تعبر عن الجملـة المنطـوقة في الأصل . وسيحتـوي هـذا النسيج على أخطـاء لا تقل نسبتها عن ٣٠٪ على أحسن الفروض في الوقت الحالي . وهـذا يؤدي بالتالي إلى درجة كبيرة من عدم التحديد في المعالجة الآلية .

وبــدءا بهذا النسيج من الأصــوات، يمكـن استخــلاص نسيج من الكلمات بحسـاب جميع التـوافقات الممكنـة بين الأصـوات في هذا السيـاق . وهنـا يمكن أن تنحـصر مهمــة برنامـج التحليـل في أن يجد مسـارا مترابطا منطقيا مستخـدما جميع المعلومات الممكنة . وقـد ثبت أن هذه العملية من أسفل إلى أعلى bottom upغير وافيـة للغات التي تـزيـد درجـة تعقيدهـا عن الحد الأدنى ويجب أن تكمل بعمليـة معــالجة من أعلى لأسفل top down ترشدهـا معلومات دلالية وتركيبية ومقـاماتية pragmatic ومعلومات أخرى على مستوى أعلى .

وتعالج الأجهزة المستخدمة حاليـا مشكلة تمييز الكلمات المنفردة . وهذه المشكلة أسهل بكثير من مشكلة تمييـز الكلام المستمـر، ولكن حتى بالنسبـة لتمييز الكلمات المنفردة والتي تحقق أكثـر البرامج تقدما فيها نجـاحا يصــــل إلى ٩٩,٥٪ طبقا للي Lae [٣]؛ فإن هذا لا يكـون إلا لمحصول من الكلمات لا يزيـد عن ١٢٠ كلمة وتتطلب أن ينطقها متكلم واحـد مدرب . وهناك أدوات تعمل منذ سنـوات للتعرف على تتابع كلمات خال من أي بنية تراكيبية .

مستويات التعرف Levels of recognition

إذا كانت نقطة البـدء هي الإشارة الصوتية ، فإنـه وفقا لبارBarr (٤) يتــوقف تحقيق فهم تام لما قيل ؛ على توافر أنواع المعرفة التالية :

(أ) الصوتيـةphonetic : تمثيل خواص جميع الأصـوات الواردة في الكلمات .

(ب) الفونـولوجيـة phonological : القواعـد التي تحكم اختلاف نطق الأصوات بـاختلاف السيـاق وتتعلق هذه القواعــــــــــد بظواهر مثل الاضغام، والتفخيم. . إلخ .

(ج) الصرفية morphemic : القواعد التي تحدد كيـف تتحد الصرفيات(٥) لتكـون الكلمات، وتشمل هذه القـواعد قـوانين الجمع وتصريف الأفعال. . إلخ .

(د) التطريـزيةprosodic : وهي القواعـد التي تصف الاختلاف في النبر والتنغيم مثل النبر المرتفع في نهاية السؤال .

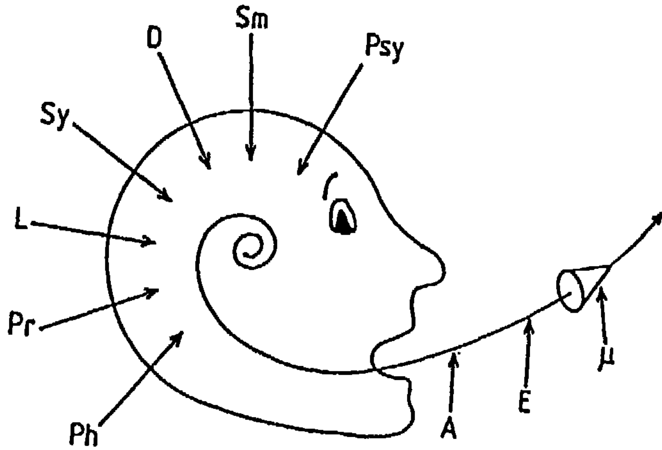
(هـ) التركيبيــةsyntactic : وهي القواعد التي تحكــم تكوين العبارات والجمل .

(و) الدلاليـة : semantic طرق استخـدام الكلمات والجمل لاستبعاد العبارات والجمل الصحيحـة التي قد تكون صحيحة نحـويا ولكن غير محتملة الورود .

(ز) براجماتيـةpragmatics : القواعد التي تحكـم الكـلام والتي تمكن السامع من استنتاج نـوايا المتكلم وأن يكون تفسيره لرسـالةالمتكلم أعلى من مجرد التفسير السطحي للرسالة اللغوية .

وتنشأ الصعـوبــة الكبرى في فهم الكـلام من مصـدريـن للخطأ وعـدم اليقين المصاحب لعملية الكـلام ؛ ويرجع أحد المصدرين إلى المتكلـم . بينما يرجع الآخر إلى السـامع . وتحدث كثير من الأخطـاء أثناء تـرجمة المتكلم أفكـاره إلى أصـوات ، مثل اختيار الكلمات الخطأ ونطقهـا خطأ أو بوضوح غير كـاف ، أو تكرار كلمات حين ا يكـون هنـاك ضرورة لـذلك ، وإصـدار أصـــوات غـريبـة لا معنى لها مثل تسليا حنجرتـه أو إصدار أشياء غريبـة تفسد من الرسـالة اللغوية . وعلى السـامع أن يقوم بعكس العمليـة التي قام بها المتكلم ، فهـو يبدأ من الـرسائل المشـوهة . . إلى نـوايا المتكلم ، ويرتكب أخطاء هي أخطـاء في الحكم ، لأنه لا توجد قـواعد دقيقة تحكم

الفهم . ومن الملاحظات العامة أن الاتصال بين الناس تصاحبه أسئلة كثيرة تتطلب التكرار والتوضيح .



شكل ٦-١ بعض الميكانيزمات التي تؤثر في الرسالة الصوتية (من نيول) [٦] Newell

في شكل ٦-١ ترمز Pay إلى سيكولوجية المتكلم و Sm إلى الدلالة و-dis) course) إلى قواعد السياق، و (Sy(syntx إلى التراكيب ، و L (lexical) لاعتبارات معجمية، و (pr (prosodic considerations لاعتبارات تطريزية ، و (ph(phonetic للصوتيات، وA لجهاز النطق عند المتكلم، وE للضوضاء المحيطة ، وU للميكروفون .

بعض برامج التعرف على الكلام

Some speech-recognition programs

لقد موّلت وكالة مشروع الأبحاث المتقدمة (ARPA) بوزارة الدفاع في الولايات المتحدة الأمريكية برنامجا استمر لمدة خمس سنوات (١٩٧١-١٩٧٦) للبحث في التعرف على الكلام المتصل . وكان هدف البحث هو إنتاج برنامج للحاسب قادر

على تحليل الجمل صحيحة البناء من واقع قاموس لغوي يضم حوالي ألف كلمة وتنحصر الجمل في مجالات محدودة وعلى الاّ تتعدى نسبة خطأ البرنامج عشرة بالمائة. وقد نتج عن هذا المشروع عدة برامج منها Speechlis لشركة Bolt Beranek and Newman (BBN) وكذلك HWIM [٧] لنفس الشركة، وعدة نسخ من Hearsay [٨] HARPY [٩] لجامعة كارنيجي ميلون، كما طورت SRI International بالتعاون مع System Development Corporation برنامج SRI/SDC[١٠] و طورت شركة أي ب م [١١] برنامجا باسم Dragon كما كانت هناك أعمال مماثلة في Bell Labs.

وقد أدى مجهود مماثل في فرنسا إلى بناء عدة برامج منها:

MYRTILLE-I and II Laboratoire في Centre de Recherche en Informatique de (CRIN) Nancy d'Informatique[١٢-١٣]، وبرنامج ESOPE [١٤] في Centre National d'Etude et de Mechanique pour les Sciences de l'engenieur) [١٦] بجامعة مارسيليا وبرنامج KEAL [١٥] في (CNET) des Telecommunications[١٧] بجرينبول وبرنامج ENSER وبرنامج Lannion

مشروع هيرساي «اسمع وقل» Hearsay

يعمل هذا البرنامج بطريقة غير هرمية، ويعني ذلك أن استخدام كل من المصادر المتعددة للمعلومات الإضافية التي ذكرت أعلاه (الصوتية.. إلخ) يتم بمعزل عن باقي المصادر. ويستخدم Hearsay -II نموذج «السبورة» وقد سمي كذلك لأن كل مصدر من مصادر المعلومات يسجل نتائج أعماله ويزيل النتائج التي تصبح عديمة الجدوى وهكذا.

ويتخذ التحليل تتابعا لمستويات مختلفة يبدأ أدناها بتقسيم الإشارة الصوتية إلى وحدات صوتية Segments، ثم تنظم هذه الوحدات الصوتية إلى المقاطع الممكنة Possible syllables، ثم تنظم هذه المقاطع إلى كلمات. وتستخدم المعلومات التراكيبية والدلالية في المستوى الأعلى. وقد تم اختبار البرنامج بعبارات لتحريك

قطع الشطرنج، ومع أن الحقل الدلالي لتحريك قطع الشطرنج محدود.. إلا أنه يسمح باستخدام طرق عامة جدا لتمثيل الإشارات الصوتية التي يراد اختبارها.

ويسمح التركيب العام لبرنامج Hearsay لعدد من المصادر المستقلة للمعلومات بالتعاون في حل مشكلة ما. ولقد استخدم هذا البرنامج في مجالات أخرى غير التعرف على الكلام. فقد استخدم - على سبيل المثال - في التحكم في حركة المرور الجوية. ومن وجهة النظر هذه فإن النسخة الثانية من برنامج Hearsay غالبا ما ينظر إليها «كنظام خبير»، وسنتناول هذا الموضوع في الفصل الخامس عشر.

مشروع ميرتيل Myrtille

تم تطوير ميرتيل ١، ٢ في جامعة نانسي بمركز Crin. ويمكن لميرتيل ١ أن يتعرف على جمل محدودة جدا من لغات اصطناعية مستخدما عددا من المفردات لا تتجاوز المائة. ويستخدم البرنامج نظاما من أعلى لأسفل Top Down ويعتمد كليا على التراكيب. وقد استخدم ميرتيل ٢ في ميدان علم الظواهر الجوية، بمفردات يبلغ عددها ٣٧٥ كلمة، ونحو يقارب نحو لغة الحديث بالفرنسية، ويستخدم استراتيجية مزدوجة من أسفل لأعلى ومن أعلى لأسفل، شأنه في ذلك شأن النظم التي تتميز بمثل هذه الدرجة من التعقيد، فيمكنها أن تبدأ تحليل الجملة من عدة نقاط أساسية، مستخدمة طريقة مثل «جزر الثقة» Islands of confidence المستخدمة في HWIM والتي سنصفها في الجزء التالي من هذا الفصل.

وهذه هي الترجمة العربية لبعض الجمل التي يمكن لميرتيل أن يتناولها:

متى سترتفع درجة الحرارة؟

متى تصل درجة الحرارة إلى الصفر في لورين؟

هل ستمطر في منطقة نانسي؟

هل سيقل احتمال وجود طرق ثلجية في منطقة ميز غدا؟

استراتيجيات التحكم Control Strategies

تزداد الاختلافـات كثيرا بين الطرق المختلفة التي تستخدمهـا أنظمة التعرف على الكلام للتحكم في استخدام قواعد المعرفة عن الاختـلافات في نوع المعرفة المستخدمة : بأنواعهـا المختلفة - والتي سبق الإشـارة إليها - من المعـرفة الصـوتية إلى الـدلالية والبراجماتية .

ويتم تمثيل الأصـوات في بـرنامج هـاربي Harpy على شكل عقـد شكـل بيـاني لشبكـات الانتقـال المعززة التي وصفنـاهـا في الفصل الخامس، بينما تمثل الأقـواس المسارات المختلفـة التي يمكن أن تتحد فيها الأصوات لتكـون المقاطع أو الكلمات. وبهذا تنحصر عملية تفسير الجملة في التوصل إلى المسـار المستمر في الشكل البياني. وذلك يعطي البرنامج نوعا من البناء المتكامل الذي يعتبر أكثر كفاءة من باقي البرامج التي طورت ضمن مشروع Arpa في الفترة من ١٩٧١ - ١٩٧٦ من ناحية السرعة ، وإن كـان ليس من السهـل تعـديلـه . ويحلل هـاربي الجمـل من اليسـار إلى اليمين مستخـدمـا استراتيجية مـروحيـة fan- out strategy والتي قـد لا تكـون أفضل استراتيجية عندما لا يمكن التعرف على بداية الجملة بسهولة .

وهناك استراتيجية أكثر تطورا - وإن كانت أصعب في التنفيذ - تستخدم الأجزاء التي تم تحليلها من الجملة ببعض الثقة كنقـاط ارتكاز «جزر الثقة Islands of con- fidence » ويتقدم التحليل من «جزيرة» إلى أخـرى إما من اليسار إلى اليمين أو من اليمين إلى اليسار. ويستخدم كل من ميرتيل ٢ و SRI/SDC هذا المنهج . ويمكن عادة تقليل عدد الاحتمالات التي يجب فحصها باتباع استراتيجيات تركز الانتباه على الموضـوع الـذي ينـاقش، واختيـار الكلمات الأكثـر احتمالا على المستوى الـدلالي. ويستخـدم برنـامج HWIM مزيجا من هـذه الاستراتيجية واستراتيجيـة هاربي، التي تحاول التعـرف على كلمـة واحـدة أو اثنتـان من مجمـوعـة كلمات، ثم الاستمـرار في التحليل في اتجاهين بدءا من الكلمة التي تم التعرف عليها بدرجة كافية من اليقين .

خاتمة

يتميز أداء برامج التعرف على الكلام في الوقت الراهن بأنه في مرتبة أدنى بكثير من

أداء برامج فهم اللغة الطبيعية المكتوبـة . ويكمن السبب الرئيسي لذلك في النواقص والأخطاء في تحليل الرسـالة الصوتية ممـا يؤدى إلى عدم اليقين في التحليل . ويمكن تقليل نسبـة الخطأ، نظريـا ، باستخـدام معلومـات دلالية وبراجماتيـة عن مـوضوع الكلام المراد تحليله . ويتطلب هـذا تحديد مجال الاهتمام أو افتراض عالم محدود . وإذا أمكن تحقيق هذا الافتراض فإن إمكانية تقدير توقعات موثوق بها عما سيقال بعد ذلك تختصر مدى الافتراضـات الصوتيـة التي تؤخـذ في الاعتبار. إلا أنـه ليس من السهل تنفيذ هذا النوع من التفاعل بين المستويات اللغوية المختلفة .

ويمكن القـول بشكل عام إن حل الـرموز الصـوتية بـالحاسب سيتحسن بعمل تحليل شكلي للمعلومات الصوتية وتكاملها في أنظمة التعرف على الكلام .

الحـاشي والمـراجع

(1) Witten, J.H. (1982), Principles of Computer Speech, New York, Academic Press.

(٢) نقصد بالضجيج الأصوات غير اللغوية المصاحبة للكلام. فعندما نتحدث في الشـارع، ورغم استماعنا لما يقـولـه المتحدث إلا أننـا نسمع أيضـا أصوات أبـواق السيارات وحركة الناس، إلا أن اهتمامنا يكون منصبا على الرسالة اللغوية. وأحيانا يكـون هنـاك أصوات لغـويـة غير دالـة في وقت معين عنـدما نتحـدث بينما جهـاز التليفـزيـون أو الراديـو مـدارا بينما نحن لا ننصت إليـه بل ننصت إلى من يحدثنـا. والمشكلة بالنسبة للحاسب هى كيف يميز بين الأصوات اللغوية وغيرها من ناحية، وبين الأصوات اللغوية الدالة وغير الدالة من ناحية أخرى. (المترجم).

(3) Lea W. (1980), Trends in Speech recognition, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.

(4) Barr A., Feigenbaum E.A. (1982), The AI Handbook, Vol. 1, Kaufmann, (ed.) Los Altos, California.

(٥) الصرفيـــــة Morpheme هي أصغـر وحـدة لغـويـة ذات معنى، فمثـلا «كتابان»تتكون من صرفيتان على الأقـل، الأولى «كتاب» والثانية «ان» وتعني العدد اثنين. وقـد كـان بلـومفيلـد، العـالم اللغـوي الأمـريكي أول مـن عـرف الصرفيـة واستخدمها كـوحدة لغوية وأحد مراتب التحليل اللغـوي. وتنقسم الصرفية إلى حر مثل «كتـاب» حيث يمكن أن تجيء في أي موقـع من الكلام، ومقيـدة مثل «ان» في «ولـدان» والتي لا يمكن أن تـرد إلا مع صرفيـــة أخـرى وكـذلك هنـاك الصرفيـات الاشتقاقية والتصريفية. (المترجم)

(6) Newal A. (1975), A Tutorial on Speech Understanding System, in Speech Recognition: Invited papers of the IEEE Symposium, D.R.

Reddy (ed.), New York, Academic Press.

(7)Wolf J., Woods W. (1980), The HWIM Speech Understanding System, in Lea, Trends, pp. 316-339.

(8) Erman L. D., Hayes-Roth F., Lesser V. R., Reddy D. R. (1980), The Hearsay-II Speech Understanding System: Integrating Knowledge to resolve uncertainty, Computing Surveys, vol. 12, no 2.

(9) Lowerre B., Reddy R. (1980), The Harpy Speech Understanding System, in Lea, Trends, pp. 340-360.

(10) Walker D. (ed.) (1980), Understanding spoken Language, New York, North-Holland.

(11) Bahl L. R., et al. (1978)," automatic recognition of continuously spoken sentences from a finite state grammar". Proc. of the 1978 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Tulsa, Oklahoma.

(12) Haton J.P., Messenet G., Pierrel J.M., Sanchez C. (1978) La chaine de comprehension parlee du systeme MYRTILLE-II, Congres AFCET-TTI, Paris.

(13) Pierrel J. M. (1982), Utilisation de contraintes linguistiques en comprehension automatique de la parole continue: le systeme MYRTILE-II, Revue RAIRO/TSI, vol.1, no 5, pp.403-421.

(14) Mariani J.J. (1982), the AESOP continuous speech understanding system, IEEE-ICASSP, pp. 1637-1640.

(15) Mercier G., Gerard M. (1981), Les niveaux acoustique-phonetique et l'apprentissage dans le systeme KEAL, JEP GALF.

(16) Meloni H. (1982), Etude et realisation d'un systeme de reconnaissance automatique de la parole continue, These de doctorat d'etat, Universite' d'Aix-Marseille 2, Luminy.

(17) Groc B., Tuffelli D. (1980)," A continuous Speech recognition system for database consultation, IEEE-ICASSP, Denver, Co., pp. 896-899.

الفصل السابع
برامج بينية ودية باللغات الطبيعية

مقدمة

من الأفضل دائماً أن نتمكن من الاتصال بقواعد البيانات أو الأنظمة الخبيرة بلغة طبيعية، وخاصة بالنسبة لمستخدم الحاسب حين لا يكون متخصصاً في الحاسب، ولا يكون عنده الحماس الكافي لتعلم لغة برمجة اصطناعية ذات تراكيب جامدة ومنطق قد يتعارض مع طريقته في التعبير عن احتياجاته. وهناك أيضاً المستخدم غير المنتظم «العابر»، والذي غالباً ما يكون غير متخصص ـ فلا مبرر لكي نفرض عليه تركيبات لغة البرمجة الجامدة لأنه سوف ينسى قواعد البرمجة بين المرات المتباعدة التي يستخدم فيها الحاسب. وهناك سبب آخر لتوفير برامج بينية باللغات الطبيعية nat-ural-language interface هو أنه من المحتمل ألا يكون المستخدم على دراية بتفاصيل بنية قاعدة البيانات وعلى هذا يجب أن يكون البرنامج قادراً على أداء حد أدنى من التأويل والتفسير للسؤال. وعلى أي حال فهناك خشية من أن يغالي المستخدم في تقدير ذكاء البرنامج بأن يعتقد أنه قادر على القيام بتفسيرات واستنتاجات تتعدى في الواقع قدرته. وهنا يعاني المستخدم من الإحباط وفقدان الاهتمام عندما تتضح له قدرات البرنامج المحدودة. وهناك العديد من المديرين بمراتب الإدارة العليا ممن يحتفظون بمحطات طرفية terminals في مكاتبهم يندر استخدامهم لها لعدم الاهتمام الكافي بجعل برامج الحاسب «ودية». ذلك أن البرامج المألوفة ذات القوائم menu-driven تبعث على الملل لأنها تتطلب أن يعمل المستخدم من خلال شجرة تركيبات عميقة في حين أنه يفضل أن يعبر عن احتياجاته مباشرة بلغة مألوفة.

البينيات على المستويات المختلفة : Interfaces at different levels :

إن الهدف الرئيسي من البرامج البينية هو أن نخفي عن المستخدم التفاصيل التقنية مثل بنيان قاعدة المعلومات للبرنامج الأساسي الذي يتصل به، وتعمل هذه البرامج البينية على تحويل الطلب كما يعبر عنه المستخدم بالطريقة التي تبدو له طبيعية إلى الشكل الذي يتطلبه برنامج البحث.

وسنعرض هنا مستويين من تطور البرامج البينية: أولهما البرامج البينية الموجودة في شكل مشاريع أبحاث وتطوير وقد بدأت بالفعل تأخذ شكل المنتجات التجارية، أما برامج المستوى الثاني فهي مازالت موضوع بحث ولن تتوفر على نطاق واسع قبل مضي عدة سنوات.

برامج المستوى الأول:

وهي تسمح للاستفسارات من الأنواع التالية :

(١) الاستفسارات التي لا تتطلب القيام بأي استنتاجات، ومثال ذلك «في أي دولة تقع مدريد؟»

(٢) تلك التي تتطلب بعض الاستنتاجات أو التي تتطلب بعض الحسابات، مثل ما المدة التي يستغرقها القطار للوصول من بروكلين إلى فيلادلفيا؟ ولا يحتمل أن يكون هناك معلومات متوفرة كافية للإجابة على مثل هذا السؤال مباشرة. ولكن من المحتمل أن المسافة بين أي مدينتين يمكن أن توجد أو تحسب، ومن المعلومات عن متوسط سرعة القطارات يمكن إعطاء الزمن التقريبي الذي قد تستغرقه رحلة القطار بين المدينتين.

(٣) استفسارات عن المعلومات الموجودة في قاعدة البيانات، مثل ما هي حقول البيانات التي تحتويها القاعدة؟ ما هي المعلومات الموجودة عن موظفي شركات معينة؟ ويمكن أن نسمي هذا النوع من المعلومات «ما وراء المعرفة -meta

knowledge». ومن البرامج التي تعمل على هذا المستوى من الاستفسارات [٣] Sa-phir [٢] Ladder [١] Robotintellect

المستوى الثاني : من المتوقع أن تظهر الإضافات التالية على قدرات المستوى الأول في السنوات القليلة القادمة :

(١) إجابات ذكية لأسئلة تتسم بـالغباء مثل «ما هو أقصر نهر بإنجلترا؟ لمدة كم يوم تعـدت درجة الحرارة مائة وخمسين درجـة عام ١٩٨٣م؟ فـالسؤال الأول لا معنى له، ذلك أن مجموعة أطوال الأنهار الإنجليزيـة شبه مفتوحة ـ مغلقة عند الحد الأعلى لأن أطول نهر معروف ومحدد ولكنها مفتـوحة عند الحد الأدنى (فمن المحتمل جداً أن يكـون هنـاك نهر أقصر من أصغـر طـول مسجل فعـلاً). والقصر ليس من السمات الهامة بالنسبة للأنهار. وقد درس كولينز [٤] هذه المسألة بالتفصيل.

وتجيب معظم البرامج على السؤال الثـاني بفحص سجلات درجـات الحرارة لعام ١٩٨٣م، ثم تعطي الإجابة «لا يوجد»، وقد أشار دانيال كايزر [٥] Daniel Kay-ser إلى أننا لا نقوم بنفس العملية الاستدلالية للإجـابة على هذا السؤال كما لو كانت درجـة الحرارة المذكورة في السـؤال هي ٢٥ درجـة مثـلاً، ذلك أننـا نستخدم مـا وراء معرفتنا.

(ب) الإجـابـة بعبارات مختصرة بـدلاً من إعطـاء قـوائم تفصيلية قـد تكـون أقل فائدة. فمثـلاً لو كـان السؤال «من في المؤسسـة يستخدم سيـارة الشركة؟ فـإن عبارة «الرئيس ونوابه» تعطي معلومات أكثر من مجرد قائمة بأسماء هؤلاء.

(ج) إعطاء إجـابات تظهر روح التعـاون مع مستخدم البرنامج أكثـر من التقيد حرفياً بما يقول. ويـوضح كابلان [٦] Kaplan ذلك بتتـابع الأسئلة والإجـابات التالية :

س١ : من هم الطلبـة الذين حصلـوا على أكثر من ١٥٪ في امتحـان الأحياء في يونيو ١٩٨٣م؟

ج١ : لا أحد.

س٢ : هل كانت هناك حالات رسوب في علم الأحياء عام ١٩٨٣م؟

ج٢ : لا .

س ٣: كم عدد الطلبة الناجحين في علم الأحياء في يونيه ١٩٨٣م؟

ج٣: لا أحد.

حيث يفاجأ السائل بهذه الإجابة، فإنه يقرر أن يسأل سؤالاً آخر:

س٤ : هل كان هناك امتحان أحياء في يونيو ١٩٨٣م؟

ج٤ : لا. (وهي إجابة كان يمكن أن تعطى من البداية).

أحد أدوات بناء البرامج البينية : لا يفر LIFER:

يعد «لايفر»[٧] ـ الذي طور في SRI International ـ نموذجاً جيداً لأدوات بناء البرامج البينية باللغات الطبيعية للاتصال بقاعدة البيانات أو الأنظمة الخبيرة. ويتكون لايفر من مفسر لقواعد النحو، بالإضافة إلى مجموعة وظائف تحرير نافعة جداً تساعد المستخدم على تحديد قواعد النحو التي يريد أن يضعها. وهي تستخدم أساساً لوضع الأسئلة في لغة طبيعية، وتتكون كل قاعدة نحو من قالب template يحدد الشكل التركيبي للسؤال المدخل وقالب مخرج معطياً الشكل الذي ينقل به السؤال المدخل إلى قاعدة البيانات. ويهمنا هنا القالب الأول فقط.

إن عملية بناء البرامج البينية تبدأ بتحديد مجموعة من القواعد productions على المستوى الأعلى، ويلي ذلك تحديد مقولات الأشياء التي يمكن أن تظهر على المستويات الأدنى تباعاً، منتهياً بكلمات المفردات في مجال الاهتمام. ويوضح شكل ٧ ـ ١ شجرة إعراب سؤال لقاعدة بيانات عن البحرية وهو «متى يتم تشغيل سونار برافو؟

When will Bravo's sonar be operational?

ويمكن تحديد المقولة Category بعدة طرق :

١ ـ بواسطة قائمة تعطي بوضوح القيم المختلفة للمقولة:

(حيوان) : = (كلب / قطة / حصان).

٢ ـ بواسطة المحمول predicate، الذي يجب اختبار حقيقته. ويصبح هذا تمثيلاً هاماً عندما تكون مجموعة القيم لا نهائية، ولكن يمكن تعريفها بصفة أو خاصية، وذلك مثل الأعداد الزوجية مثلاً. كما أن هناك حالة مهمة أخرى، وهي عندما يكون الانتماء للمقولة معقداً نسبياً ويعبر عنه بواسطة أجزاء من البرنامج والتي تكون في الواقع المحمول.

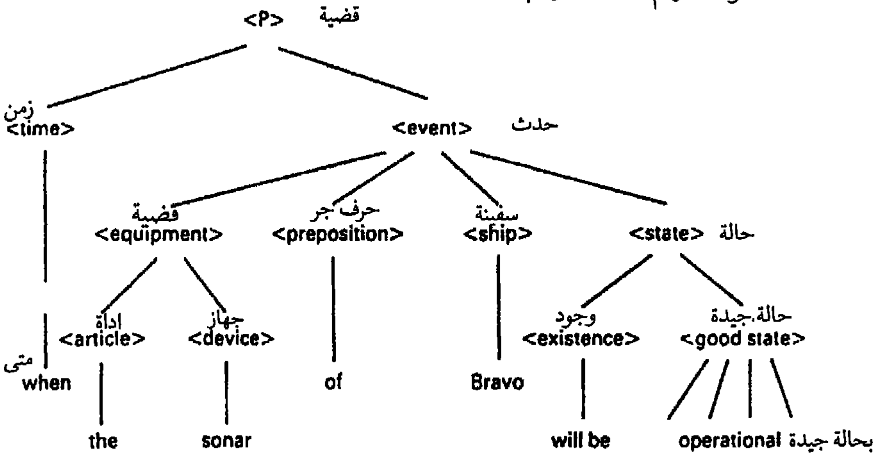
٣ ـ تكرارياً بواسطة سلسلة من المقولات.

إن أحد ميزات لايفر هي قدرته ـ إلى حد ما على الأقل ـ على معالجة التركيبات المحذوفة. ولهذا علاقة مباشرة بالأسئلة الناقصة حيث يكون هناك إشارة ضمنية إلى سؤال سابق كما في التتابع التالي، وتعني هنا كلمة «مفهوم» أن البرنامج قد «فهم» السؤال:

س : كم يبلغ راتب جون سميث؟

ج : مفهوم.

موظف رقم ١٠٣٢٤ راتب ١٥٥٠٠.



شكل ٧-١ شجرة إعراب «متى سيكون سونار برافو جاهزاً للعمل؟

(يعطي البرنامج رقم الموظف في الشركة وكذلك راتبه)

س : وجاك روبنسون؟

ج : مفهوم

موظف رقم ٣١٤١٦ راتب ٢٨٧٥٠ .

ويسمح لايفر أيضاً للمستخدم أن يعرف اصطلاحات وأن يعطي مرادفات دون أن يحتاج لمعرفة كيفية بناء قاعدة البيانات في الآلة، وبذلك يمتد القاموس آلياً ويوضح ذلك الحوار التالي:

المستخدم : لنجعل كلمة «مكافأة» اسماً جديداً للراتب .

لايفر : مفهوم .

المستخدم : كم تبلغ مكافأة جيمس جويس؟

لايفر : مكافأة ـ مكافأة (يصحح الهجاء) .

موظف رقم ٢٦١٨٢٨ راتب ٥٠٠٠ .

وقد استخدم لايفر في تطوير برنامج LADDER/INLAND[٧]، لتحقيق معلومات قاعدة بيانات متعلقة بالسفن البحرية، وقد صدر من هذا البرنامج نسخ باللغتين السويدية والفرنسية [٨]. ونعرض فيما يلي نموذجاً لنوع الأسئلة التي يمكن أن توجه له . وتعني كلمة «نعم» أن البرنامج قد استطاع الإجابة على السؤال دون أي لبس أو غموض .

أي دولة لديها أسرع غواصة؟ ـ نعم .

كم تستغرق أسبرو Aspro لتصل إلى موقع 34 ـ 00 N 43-15W ؟ نعم .

متى تنزل شارك Shark إلى البحر؟ ـ نعم

أي سفن أنجولية سجلت حمولة تزيد عن خمسة أطنان؟ ـ نعم .

هل توجد أي حاملة طائرات بها رادار معطل؟ ـ نعم .

متى يمكن تجهيز سفينة فوكس Fox؟ نعم .

متى يمكن إصلاح سونار سفينة تشارلستون Charleston؟ نعم

الرادرار؟ ـ نعم (اختصار سؤال «متى يمكن إصلاح رادار تشارلستون).

ما هو أقرب ميناء تزويد وقود لتايتانيك؟ ـ نعم.

أي سفن موجودة شمال خط الاستواء؟ ـ نعم.

جنوب 12- 5 6 N ؟ (اختصار أي سفن موجودة جنوب12- 5 6 N ؟).

إنجليزية؟ لا (طريقة تناول الاختصار تفشل هنا لأن «إنجليزية» ليس لها نفس تركيب «جنوب موقع»، السؤال غامض ويمكن أن يعني إما:

ما هي السفن الإنجليزية؟ أو:

ما هي السفن الإنجليزية الموجودة جنوب 12- 5 6 N ؟)

هل توجد أي سفن على بعد ٣٣٣ متراً؟ ـ نعم.

تبحر بسرعة ١٢ عقدة ـ نعم (اختصار «هل هناك أي سفن.. عقدة؟)

أي سفن تبحر تحت العلم النيجيري؟ ـ نعم

يتوقع وصولها إلى Le Havre؟ ـ نعم (اختصار «أي سفن يتوقع وصولها إلى Le Havre؟

ملاحظة: يقوم منهج تناول الاختصارات بمقارنة مركبين فعليين، ولذلك لا ينظر البرنامج إلى السؤال عن أي سفن ليبيرية يتوقع وصولها إلى Le Havre.

أعطني عمق وطول السفينة فوكس؟ ـ نعم.

ما هو اسم الضابط المسؤول على السفينةأسبرو؟ ـ نعم.

ماهو المسار المنحرف من سان دييجو إلى جبل طارق؟ ـ نعم

ماهو بعدالسفينة فوكس عن السفينة Fall River؟ ـ نعم

أي ناقلة من طراز Zulu-5 موجودة شمال خط الاستواء؟ نعم.

متى تترك السفينة ناوتيلوس فينزيلا؟ ـ تصحيح ـ فنزويلا ـ نعم

هل ستحتاج سفينة جاتو تهوية في اليومين التاليين؟ ـ نعم

متى تصبح السفينة أدرويت جاهزة للعمل؟ ـ نعم

ما هو ميناء موطنها؟ ـ نعم

كم عدد السفن التي يوجد طبيب على متنها في البحر الأبيض المتوسط؟ ـ نعم

ومن بين البرامج الأخرى التي بها برامج بينية باللغات الطبيعية للاتصال بقاعدة البيانات برنامج بلينز Plaines (٩)، متمشياً مع البرنامج السابق ويختص بالطيران.

وليس لبرامج هذا النوع نفس الدرجة من القوة في جميع الأحيان: فهي تعمل جيداً طالما وضع السؤال الموجه لها بطريقة مباشرة وطبيعية وغير غامضة، ولكن سرعان ما يتدهور البرنامج عندما تكون الأسئلة غير محددة أو غامضة، أو عندما يسعى المستخدم للإيقاع بالبرنامج عن عمد. وبذلك تكون الطريقة الطبيعية لوضع السؤال كالآتي:

كيف مات فرانكلين روزفيلت؟

بينما تكون طريقة السؤال أقل طبيعية إذا وضع كالآتي:

هل سبب موت فرانكلين روزفيلت معروف؟

بينما تكون الطريقة التالية أقل طبيعية بكثير:

لماذا مات فرانكلين روزفيلت؟ (استخدم النص الإنجليزي استعمالاً شائعاً ولكنه عاميّ ليعبر عن الوفاة Why did Franklin Roosevelt kick the bucket? ويسبب مثل هذا الاستعمال مشاكل بالحاسب. المترجم).

وليس هناك من الناحية النظرية حد أقصى لدرجة تعقيد الجمل التي يقبلها الإنسان، أو مستوى شاعريتها، وأي سؤال يمكن أن يوضع بطرق مختلفة عديدة جداً، ومن المستحيل ـ في الحالة الراهنة من التقدم العلمي ـ أن نتنبأ ونبرمج الحاسب لتناول جميع الاختيارات المتوفرة للمستخدم.

بعض الإمكانات الحالية : Some Immediate Possibilities

هناك عـدة تطبيقات حالية لتقنيـة فهم اللغات الطبيعية، وفيما يلي قـائمة بتلك التطبيقات التي أعدها والتس Waltz[١٠] :

١ ـ المسـاعدة في الترجمة من لغة لأخـرى، ولكن ما زال هناك احتيـاج أن يراجع الإنسان ترجمة الآلة كي يحل الغموض ويحسن الأسلوب.

٢ ـ القدرة على «فهـم» الوثائق وتلخيصها، والتي منها يستطيـع القارىء بسرعة أن يقـرر ما إذا كـانت الوثيقـة تحتـوي على المعلومـات التي يبحث عنها أم لا. وقـد وصلت البرامج الموجودة حالياً إلى مستـوى متواضع من الفهم في الحالات التي يكون موضوع النص فيهـا عاماً دون قيود، ونادراً ما تتعـدى البحث عن الكلمات المفتاحية keyword searches.

٣ ـ المساعدة في إعداد النصوص بأداء قدر كبير من العمل المنوط بالمراجعين مثل الكشف عن الأخطاء الهجائية والنحويـة واقتراح إعادة الصياغة بهدف تحسين نوعية النص.

٤ ـ توليـد الوثـائق، بتحويل المعلـومـات المخزنـة بلغة صـورية إلى نص بلغـة طبيعية، ويمكن التحكم في الأسلوب حتى يناسب أي نوعية من القراء.

٥ ـ تطبيقات مختلفة مثل التحكم في الاتصال بقواعد البيانات الكبيرة، والتحكم في الإنسان الآلي الصنـاعي، وتـوفير معلومات معبر عنهـا بدقـة والمشورة في ميـادين تخصصية (طبية، قضائية. . إلخ)، بواسطة الأنظمة الخبيرة.

المراجع

(1) Harris L. (1977), Robot, a high performance natural language data-base query system, IJCAI-77, pp. 903-904.

(2) Sacerdoti, E.D. (1977) Language access to distributed data with error recovery, IJCAI-77, Cambridge, Mass.

(3) Erli (1983), SAPHIR, presentation generale, Rapport de la Societe d'etude at Rechereche en Linguistique et Informatique.

(4) Collins A. Warnock E.H., Aiello N. Miller M.L. (1975), Reasoning from incomplete knowledge,in Representation and Understanding, Borbrow and Collins (eds.), New York, Academic Press.

(5) Kayser D. (1984), Examen de diverses methodes utilisees en representation des connaissances, Congres dintelligence Artificielle et reconnaissance des formes, Paris.

(6) Kaplan S.J. (1982), "Cooperative responses from a portable natural language query system",Artificial Intelligence, Vol. 19, 2, pp. 165-188.

(7) Hendrix G. (1977), the LIFER manual: "A guide to building natural language interfaces". Technical note 138, SRI International Menlo Park, California.

(8) Bonnet A. (1980), Les grammaires semantiques, outil puissant pour interroger les bases de donnees en langage naturel, RAIRO Informatique/Computer Science, Vol. 14, 2, pp. 137-148.

(9) Waltz D., Goodman B. (1977), Writing a natural language data

base system, IJCAI-77, pp. 144-150 MIT Press Cambridge, Mass.

(10) Waltz D. (1983), Artificial Intelligence: an assessment of the state-of-the-art and recommendations for future directions, Al Magazine, Fall 1983, pp. 55-67.

الفصل الثامن

فـــهم النصـــوص

مقدمة

تركز البحث في الفترة المشار اليهـا في الفصل السابع حول فهم الجمل المنفصلة، وقد أثار ذلك عـدة مشاكل: فأولا يندر أن يضطر الإنسـان إلى تحليل الجمل بمعزل عن السياق الذي تـرد فيه، كما أننا كثيرا ما نعطي إجابات غير مبـاشرة للأسئلة التي تطرح علينا.

انظر مثلا إلى الحوار التالي:

س : أين آلة تصوير المستندات؟

ج : إنها مكسورة. .

من الواضح أن الشخص الذي سئل افترض أن السائل يود استخدام آلة تصوير المستندات ــ وهو استنتاج قد يكـون صحيحا ولكن ليس بالضرورة كذلك ــ وأنه في الحالة الراهنة لـلآلة لن يتمكن من استخدامها، ولذلك فجـوابه بأنها مكسورة أكثر فائدة من إعطائه إجابة مباشرة للسؤال بأنها في غرفة رقم ٥٠٨ مثلا.

ويخبو تدريجيـا الاهتمام بتحليل الجمل المنفصلة، ويهتم حاليا عـددمن الباحثين بالعلاقـات السببية في النص والذي تعطيه المعنى القصصي، وبـدوافع المشاركين في الأحـداث والتي بـدونها لا نستطيع فهم مـا يجري في النص. ويأخــذ تطـور هـذه الأبحاث صورتين اثنتين:

أولا : مع تطـور نحو القصـة " story grammar " وفكـرة النص سيتجـه

الاهتمام إلى الشكل البنيوي للرواية.

ثانيا: سيتركز الاهتمام على دوافع المشتركين في الحدث اللغوي وخاصة الطرق التي يتبعونها لتحقيق أهداف معينة.

أنحاء الرواية story grammars

نشأت هذه الفكرة من ملاحظة أن معظم القصص لها بنية تتكون من سلسلة من الأحداث، مثلما تتكون العبارة من سلسلة من المجموعات التركيبية. ولقد حذا روميلهارت Rumelhart [١] حذو بروب Propp [٢] في التركيز على القصص الخرافية، التي غالبا ما تتميز ببنية بسيطة: فهي تبدأ بتقديم الشخصيات «في يوم من ذات الأيام كان يوجد......»، يلي ذلك سرد حدث هام «وذات يوم، عندما كان يسير على ضفة النهر......»، ويحدد هذا ميكانيكية الحبكة في تحركها، مؤديا في النهاية الى حل العقدة أو إلى موعظة.

ولنا تعليقان على هذه الطريقة في تناول المشكلة. الأول أنها مقصورة على البنية البسيطة جدا، والثاني أنه يمكن التعرف على المجموعة الفعلية في النص بسهولة أكثر مما يمكننا التعرف على «الموعظة». وبقدر ما أعرف، لا يوجد برنامج يعمل بهذه الطريقة.

النصوص «السيناريو» Scripts

من الواضح أن برنامجا مثل مارجي MARGIE ــ الذي سبق أن وصفناه في الفصل الرابع - سيقوم بعمل عدد كبير من الاستنتاجات التي تقع خارج سياق المادة موضع البحث، وهناك في الواقع مخاطرة أن يتسبب التفجر التوافقي combinatorial explosion في إفشال محاولة الحد من عدد الاحتمالات المطروحة. وقد أمكن التوصل إلى حل جزئي للمشكلة باستخدام فكرة «النصوص أو السيناريو» لربط الجمل المتتالية وفرض قيود كالعلاقات السببية.

وكان كل من روجر شانك وروبرت ابيلسون Robert Abelson [٣] أول من قدم فكرة استخدام السيناريو. وتتلخص الفكرة في أن السيناريو يتكون من تتابع مقنّن

للأحداث التي تميز بعض المناسبـات العامة كالذهاب إلى السينما أو إلى مطعم أو إلى الكوافير، وهذا المفهوم قريب جدا من مفهوم الإطار "frame" لمارفين مينسكي، الذي نصفه في الفصـــل الثـــالث عشــر، ونقـدم جزءا من نـص «المطعـــم» في شـكل ٨ ـ ١.

والنقطة الرئيسة التي قـدمها شانك وأبيلسون هي أن معرفة السينـاريو لمناسبات مختلفة شرط ضروري لفهم الطـريقة التي تترابط بها الأحداث المختلفـة في أي قصة. ويصف السيناريـو العلاقات السببية بين الأحداث المختلفـة كما أنه يمكّن الحاسب من التوصل الى الاستنتاجات، وتخمين الأشياء المتضمنة التي لم تذكر صراحة، وملء الفراغات في القصة التي تروى كما يفعل القارىء البشري بالضبط بما في ذلك احتمال الخطأ.

يوضـح شكل ٨ ــ ١ ذلك الجزء من سيناريو «المطعم» الـذي يبين المحيط العام بينـا يتكون الجزء البـاقي من عدد من الأحـداث الرئيسيـة: دخول الـزبون، اختيـار وطلب الطعام، الـوجبة، دفع الحساب والانصراف. ولاختيار وطلب الطعـام ثلاثة سيناريوهات فرعية حتى تناسب ظروفا وحالات مختلفة.. وهكذا.

الموجودات

مناضد، قائمة الطعام، أطباق، نقود، فواتير الحساب...

الأفراد

الزبائن، الجرسون/ الجرسونة، محصل النقود، المدير، الطباخ....

شروط الدخول

أن يكون الزبون جائعا

أن يكون لدى الزبون نقود

النتيجة

لدى الزبون نقود أقل مما كان لديه قبل الدخول

الزبون لم يعد جائعا

الزبون سعيد (ربما)

مدير المطعم لديه نقود أكثر

شكل ٨ ـ ١ الخطوط الرئيسية لسيناريو «المطعم»

برنامج SAM

يرمـز SAM إلى ميكانيكية تطبيـق السيناريو "Script Applier Mechanism" لـروجر شـانك وزمـلائه (٤) بجـامعة ييل. ويستطيع هـذا البرنامج «فهم» وصفـا قصصيا كالآتي:

«انحرفت سيارة عـن الطريق السريع رقم ٦ بعد أن اصطدمت بـالحاجز الرئيسي مساء يوم الجمعة الماضي. وقتل الراكب فرانسيس دراك من وارنجتون في الحال وفقا لما قرره دكتور لويس بـاستور. وقد أخذ السائق أندرو مـارفل المقيم في ٥٩ شارع ميديل ستريت بلانكستر إلى المستشفى بواسطـة فريق الإنقاذ وسمح له بالذهـاب إلى منزله بعـد يـومين. ولن توجـه أي اتهامـات ، وسيقـوم مفتش البوليس سيكستـون بـلاك بالتحقيق في ظروف الحادث».

وبإدخال هذا النص إلى الحاسب، أخرج البرنامج الملخص التالي:

«منـذ أربعـة أيـام اصطـدمت سيـارة بـالحاجـز الـرئيسي في طـريق رقم ٦ وقتل فرانسيس دراك المقيم في وارنجتون، كما جرح السائق أندرو مارفل المقيم في ٥٩ شارع ميدل ستريت بلانكستر ولم يوجه البوليس أي تهم لأحد».

كما أخرج البرنامج الملخص باللغة الأسبانية.

واستطاع الإجابة على الأسئلة المتعلقة بالحادثة على الوجه التالي:

١ ـ هل قتل أحد؟

نعم، . قتل فرانسيس دراك.

٢ ـ هل جرح أحد؟

نعم، لقد جرح أندرو مارفل جرحا سطحيا.

٣ ـ لماذا جرح أندرو مارفل؟

لأن السيارة اصطدمت بالحاجز الرئيسي.

٤ ـ هل أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى؟

نعم، لقد أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى.

٥ ـ كيف أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى؟

أخذ فريق الإنقاذ مارفل إلى المستشفى.

ويستخدم برنامج SAM سيناريو حادث السيارة Car Accident مع سيناريوهات فرعية عديدة مثل سيناريو عربة الاسعافAmbulance الذي ساعد على الاستنتاج الخاص بأن جرح أندرو مارفل كان سحطيا، وهي عبارة لم تكن موجودة في النص الأصلي، بإقامة علاقات سببية معينة، خاصة بين «سيارة اصطدمت بالحاجز» و «جرح السائق»، ولاشك أن هذا استنتاج بديهي.

ومن النقاط الهامة هنا أن البرنامج لم يستخرج العناصر الأساسية للحادث فحسب، ولكنه يحول العبارات المختلفة بدلا من أن يعيد ببساطة نفس العبارات كما وردت في النص الأصلي. وفي الواقع يقوم SAM بترجمة النص الأصلي إلى تمثيل داخلي مستقل عن الشكل السطحي للغة، ويقوم بتوليد تلخيصات بلغات طبيعية مختلفة من هذا التمثيل الداخلي، والتخليص بالأسبانية مثال على ذلك.

برنامج BAOBAB

تم تطوير برنامج BAOBAB [٥، ٦] في إطار برنامج الخبير الطبي مايسين MYCIN (انظر الفصل السادس عشر) ويستخدم قاعدة معلوماته لتحليل تاريخ الحالات المرضية التي كتبها الأطباء في لغة شبه طبيعية. ومن المألوف في مجال الأبحاث المعاصرة حول بنية الحوار افتراض أن الأطباء يعبّرون عن تاريخ حالات المرضى بشكل نمطي عام إذ أن كل تاريخ يمكن أن يقسّم إلى تتابع متصل من الأحداث وأن معرفة هذا النمط يساعد كثيرا في عملية الفهم. ويتضح مستوى قدرة البرنامج على الفهم من استطاعته القيام بالمهام التالية:

ـ الإعراب عن نقص معلومات معينة.

ـ التوصل إلى الاستنتاجات.

ـ التأكد من صحة اتساق الحوار.

ــ مقاطعة مستخدم البرنامج ــ عند الضرورة ــ بطلب توضيح بعض النقاط مثلا.

ـ أداء حوار بلغة طبيعية بهدف التوصل إلى شيء مع استخدام البرنامج للنحو الدلالي.

ويبين شكل ٨ـ٢ نموذجا للعالم الذي يعيه برنامج BAOBAB في شكل تتابع من الأوصاف المنطقية. ويتكون كل من الأوصاف المنطقية من هيكل بيانات يشمل معاملات من ثلاثة أنواع: الضرورية وهي التي يتحتم إعطاؤها، والمهمة ولكن ليست بالضرورية، وتلك التي تكون ذات فائدة. ويمكّن هذا التسلسل الهرمي البرنامج من مقاطعة الطبيب إذا لم يعط إحدى المعاملات الضرورية، أو إذا بدا أن هناك تغيرا في الوصف المنطقي دون وجود ما يشير إلى العودة للوصف المنطقي السابق.

وفيما يلي مثال لحوار بين برنامج BAOBAB وأحد الأطباء:

البرنامج: صباح الخير

الطبيب: أسباب الدخول: رعشة ـ صداع ـ غثيان

البرنامج: تم تسجيل الأعراض

الطبيب: تاريخ الدخول: ٢٥ ديسمبر ١٩٧٨

البرنامج: فهمت أن: المريض أدخل المستشفى منذ أربعة أيام.

(استنتاج من تاريخ الدخول)

الطبيب: آني من الهند الغربية و٢٦

البرنامج: فهمت أن:

اسم المريض آني

عمر المريض ٢٦ عاما

جنسية المريض الهند الغربية

(الجنسية يمكن أن تؤثر في احتمال أمراض معينة)

الطبيب: عانى المريض من رعشة وصداع في اليوم السابق لدخوله المستشفى.

البرنامج: جنس المريض؟ (يقاطع Baobab الطبيب لأن الطبيب قد غيّر الوصف المنطقي دون أن يعطي جنس المريض)

الطبيب: أنثى

البرنامج: فهمت

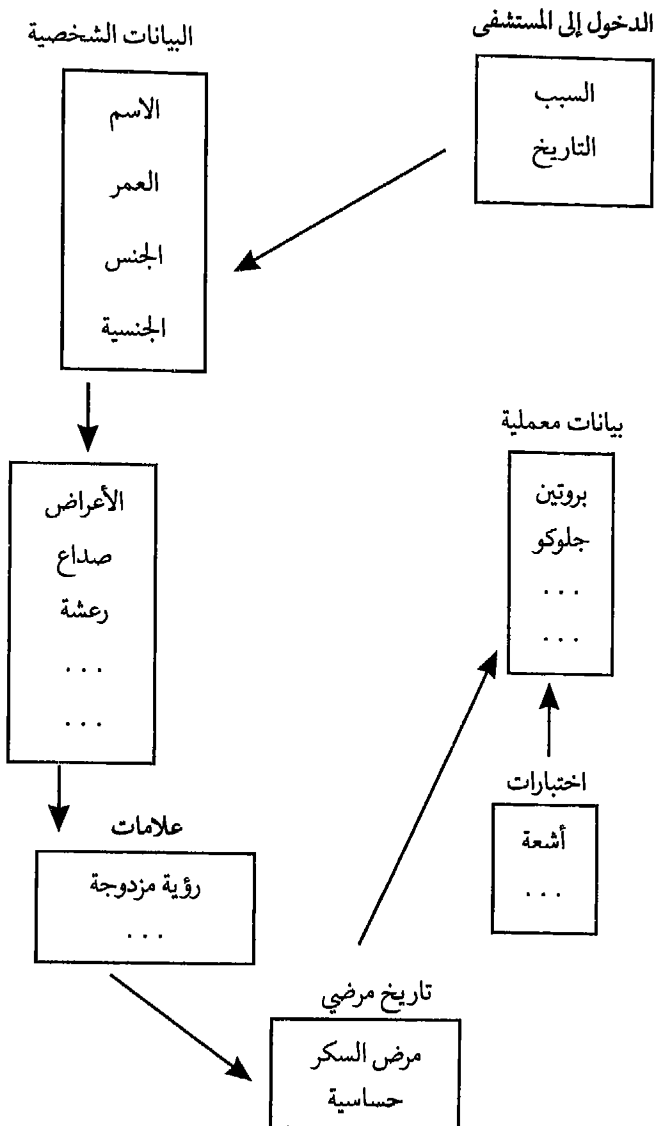
الخطط "PLANS"

يستخدم التحليل الذي وصفناه في الفقرات السابقة واحدا أو أكثر من السيناريوهات القياسية؛ فعند معالجة وصف لتناول الغداء في عربة الطعام بالقطار يتم الرجوع إلى سيناريو «المطعم» وسيناريو «القطار». إلاّ أنه من الواضح استحالة توفير سيناريوهات تغطي جميع المناسبات، كما أنه من المحتمل وجود بنية مجردة لا يمكن ضمها داخل المفهوم المقنن للسيناريو. خذ مثلا المثال التالي:

«علم جون أن العملية الجراحية التي ستجريها زوجته باهظة التكاليف... حسنا هناك العم ويليام... وتوجه ليحضر دليل التليفون...»

من غير المحتمل أن يكون هناك سيناريو جاهز «العملية جراحية» لأن ذلك يكون محدودا جدا، ولكن من المحتمل جدا أن توجد خطة عامة «كيف تجمع المال»، والتي يمكن أن تشير إلى مكانية الحصول على قرض من العم ويليام، وبالتالي الحاجة إلى معرفة رقم تليفونه.

وقد استخدمت مجموعة شانك مفهوم الخطة، والتي تصف عددا من طرق العمل لتحقيق هدف محدد سلفا. وقد حدد جيرارد سابا[٧] عددا من القواعد التي تحكم سلوك الشخصيات الروائية بشكل يفسر أهدافهم وتصرفاتهم. ونعرض



شكل ٨ـ٢ السجل الطبي للمريض ببرنامج BAOBAB

استخـدمات أخـرى لهذا المفهـوم وخـاصة فيها يتعلـق بالشطـرنج في الفصل الـرابع عشر.

ونحن البشر نستخـدم خططـا كي نفهم عبـارات وجمل غير مترابطـة سطحيـا. فلننظر إلى المثـال التالي المأخوذ من وصف روبـرت ويلينسكي لبرنامجه[٨] PAM:
(Plan Applier Mechanism)

كانت ماري جائعة.

مدت يدها لتناول دليل ميشلين.

ليس هناك أي معنى للجملـة الثانية إلا بقـدر ما تلعب من دور في تحديـد خطة العمل الذي يمكن استنتاجـه من الجملة الأولى. وقد علّق شانك بأنـه لو استبدلت الجملة الثـانية بـ «مـدت يدها لتنـاول مدخل الـذكاء الاصطناعي» لبـدا ذلك شـاذا جداً.

وفيها يلي قصة تناولها برنامج PAM

احتاج جون إلى نقـود. تناول مسدسا ودخل محلا، أمر صـاحب المحل أن يناوله النقود. أعطاه صاحب المحل النقود ورحل جون.

واستطـاع برنـامج PAM أن يجيب على أسئلة حـول هذه القصـة وفيها يلي مثال لذلك:

المستخدم: لماذا أخذ جون مسدسا؟

البرنامج: لأنه أراد أن يسرق المحل.

المستخدم: لماذا أعطى صاحب المحل النقود لجون؟

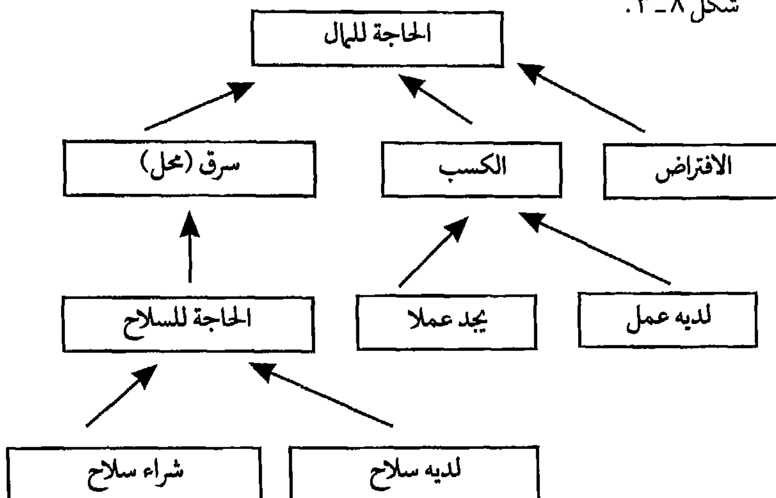
البرنامج: لأنه لم يرد أن يصاب.

المستخدم: لماذا انصرف جون؟

البرنامج: لأنه لم يرد أن يقبض عليه.

وتأتي قـدرات PAM في هذه الحالة من معرفته بخطة «كيف تجمع المال»، فمع

وجود هدف جمع المال، يمكن تصور عدة طرق لتحقيقه كما هـو موضح في شكل ٨ ـ ٣.



شكل ٨ ـ ٣ خطة عمل في برنامج PAM

و إحدى هذه الطرق هي «السطو على (محل)» حيث يمكن أن تشمل مقولة «محل» البنوك أيضا. ويحتاج المرء أن يكون مسلحا كي يسطو على محل أو بنك، مما يفسر حمل المسدس والإجابة على السؤال الأول أعلاه.

وتعتمد إجابة السؤالين الآخرين على سيناريو «السطو على محل» والتي تضم نوعين من الشخصيات، شخصيات السارقين وشخصيات المسروقين. وتفسّر تصرفات كل منهم بعدد من الدوافع، فالقائمون بالسطو يريدون الحصول على المال دون أن يقبض عليهم، أما المسروقون فهم لا يريدون أن يصابوا بأذى. . . وهكذا. وتتميز هذه النماذج ببساطة التركيب والسطحية، ولأنها صممت لموقف خاص فإنه لا يمكن تعميمها إلى مدى بعيد.

قصور فكرة السيناريو Limitations of Scripts

نظرا لأن بعض السيناريوهات قد عبّر عنها في شكل أجزاء من معرفة نمطية فإنه

من الصعب إعداد عمليات أو مواد معرفية مشتركة بين عدد من السيناريوهات إذا لم تكن لهذه السيناريوهات نوعـا من البناء الهرمي حيث يمثل كل منها تخصصا أدق لما يعلوه. فسيناريو «المطعم» على سبيل المثـال يحوي جزءا «وجبة الطعام» والتي تشترك في سيناريـو «الأكل في المنزل»، ولكن من الصعب أن نعمم سيناريو «رفض الـزبون الـدفع» في المطعم لأن شريحة اللحم طبخت أكثر من الـلازم إلى موقف عـام «رفض الـزبـون الـدفع» بسبب الخدمـة السيئـة والـذي يمكن أن يـرد في سينـاريـو جـراج السيارات[9].

ويقص روجر شانك القصة التالية[10]

كنت دائم الشكوى لأن زوجتي لم تطبخ لي اللحم أبدا كما أرغب. وفي يوم عندما كنت أشكـو من ذلك لبوب أبيلسـون قال لي: «ذلك يذكـرني بأنني عندمـا كنت في زيـارة لإنجلترا، أردت أن أقص شعـري قصيرا جدا ـ وكـانت هي الموضـة في ذلك الوقت بأمريكا ـ ولم يستطيعوا قط أن يقصوا لي شعري كما أردت».

والسـؤال المطروح هنـا هو، مـاهي النقطة المشتركـة في هذين الموقفين؟ يبـدو أنها تشبـه «طلب شيء غير مألوف وعـدم الحصـول عليه». ويتنـاول الجزء التالي منهجـا تجريبيا لمشكلة تحديد النقاط العامة في سيناريوهات مختلفة.

مجموعات تنظيم الذاكرة

Memory Organization Packets (Mops)

تمكن مجموعات تنظيم الذاكرة Mops ـ شأنها شأن السيناريـو ـ عملية التحليل من التـوقف حتى تتـوفر شروط معينـة ولكنهـا على عكس السينـاريو ليست أجـزاء منفصلة من المعرفة بل تشمل روابط تفسر وتربط فقـرات المعرفة المختلفة التي تتكون منها. وتهدف مجموعات تنظيم الذاكرة إلى تمثيل الخصائص الإنسانية العامة كالرغبة أن تكـون على حق، أن تكون سعيـدا، أو الخروج فـائزا من المنازعـات. وتفسر مثل هذه الخصـائص العامـة ـ على درجة عـالية نسبيا من التجـريد ـ كثيرا من أساليب

سلوكنا .

وقد استخدمت طريقة Mop لتمثيل المعرفة في برنامجين معينين همـا :
Bops [١٢] الذي يهدف إلى تحقيق فهم على قدر من العمق لدوافع الأفراد المشتركين في حالات الطلاق . والبرنامج الثاني Cyrus[١٣] يمثل فترات مختلفة من حياة الدبلوماسي الأمريكي سيروس فانس .

وقد صمم برنامج سايروس Cyrus لاختبار صحة الفرضية التي وضعها عدد من علماء النفس وعلى وجه الخصوص بارتليت[١٤]Bartlett حول ميكانيكيات إعادة البناء المتضمنة في عمليات الحفظ والاسترجاع . وتنحصر أهمية محاولة بناء برنامج كهذا في انه يضطرنا إلى إعطاء جميع التفصيلات وإلى التحليل العميق للعمليات العقلية التي نعتقد إنها متضمنة في عمليات الاسترجاع عندما لا تكون متأكدين من الأسس النفسية لهذه العمليات .

وتعود أصالة برنامج سايروس أساسا إلى الطرق التي تنظم بها ذاكرته . وتنظم الأحداث التي يمثلها MOP في ثلاث طرق مختلفة :

- هرميا hiererchically
- بالعلاقات السببية والزمنية وعلاقات اخرى لخصائص محددة
- بواسطة العلاقات بين الفهارس .

إحياء برامج الترجمة الآلية

يرجع عدم نجاح برامج الترجمة الآلية في حقبة ١٩٥٠ ـ ١٩٦٠ إلى انعدام جانب «الفهم» في البرامج المصممة لتحقيق الترجمة . فقد اقتصرت هذه البرامج على التلاعب بكلمات اللغة بنفس الطريقة التي تتناول بها أي رموز، ولم تأخذ في الاعتبار حقيقة أن اللغة هي أداة التواصل وتبادل الأفكار بين البشر .

أما اليوم فهناك منهجان رئيسان لمعالجة الترجمة الآلية : ففي المنهج الأول يتحول النص في الاتجاه الأول إلى شجرة إعراب لكل جملة ، يمكن تعزيزها بمعلومات دلالية

تؤخذ من القاموس ، ويتم تحويلها إلى اللغة الأخرى .

بواسطة قـواعد تحويلية [١٥، ١٦] . والمنهج الثاني لا يعتمـد كثيرا على التراكيب ولكنه يستخـدم تمثيلا أكثر تفصيلا لمفـاهيم الجملة ، وبالتـالي فهما أعمق للمحتوى الدلالى للنص ، وقد استخـدم يوريك ويلكز [١٧] ومجموعة شـانك المنهج الثاني ، وسنعرض فيما يلي عدة نماذج لأعمالهم .

وقد استثمر بـرنامج SAM كلا من إمكـانات السيناريـو وتمثيل الترابط الفكري للجملـة من أجل التـوصل إلى معـاني الجمل المدخلـة في عدة لغـات ، وبـالـذات اللغتين الروسية والإسبانية ، ولهذا أبعاد مختلفة في الترجمة الآلية :

(١) تحليل الجملـة المدخلة في لغة المصـدر مؤديـا إلى وصف منطقي وفق الترابط الفكري

(٢) توليد النص المخرج في لغة الهدف ، مستخدما شبكات تمييزيةكلما واجهت كلمة ذات معان متعددة في التمثيل الداخلي .

وسنركز على المنهج الثاني هنا ، فنلاحظ أن هذا المنهج الذي يستخدم لغة داخلية مستقلـة عن اللغـة المدخلـة ، يتطلب عـدد٢ن من البرامج للترجمة بين عـدد ن من اللغـات الطبيعية ، بينما يتطلب منهج التحـويل ن (ن ــ ١) من البرامج للغـات ن حيث يتناول هذه اللغات في ثنائيات .

انظر إلى ترجمة الجملة الإنجليزية التالية إلى الإسبانية : A car hit a tree Friday evening.

المشكلة الرئيسة هنا هي التوصل إلى الكلمة الإسبانية المناسبة المرادفة لكلمة «hit» ، والاحتمالات في الإسبانية هي :

peger : عندما يكون المحرض (agent) عادة فاعل الجملة المبنية للمعلوم وإنه يستخدم القوة على شيىء محسوس مع وجود النية الواضحة لتغيير معالمه ، ولهذا لابد أن يكون المحرض آدميا .

وهنـاك تفضيل لأن يكـون الشيء كائنـا حيـا لـه بعض القوة لكى يـواجـه تأثير

المحرض. فمثلا تكون ترجمة الجملة التالية.

John hit Mary إلى الإسبانية Juan Le Pego A Maria

golpear يفضل أن يكون المحرض إنسانا. ويتوقع استخدام أداة، لا تتغير حالتها، بينما يتغير تأثير الشيء الذي تتصل به الأداة. ولا توجد قيود على طبيعة الشيء. فمثلا تكون ترجمة الجملة التالية:

John hit the nail with a hammer. إلى الأسبانية كالتالي:

Juan golpeo el clavo con un matrillo.

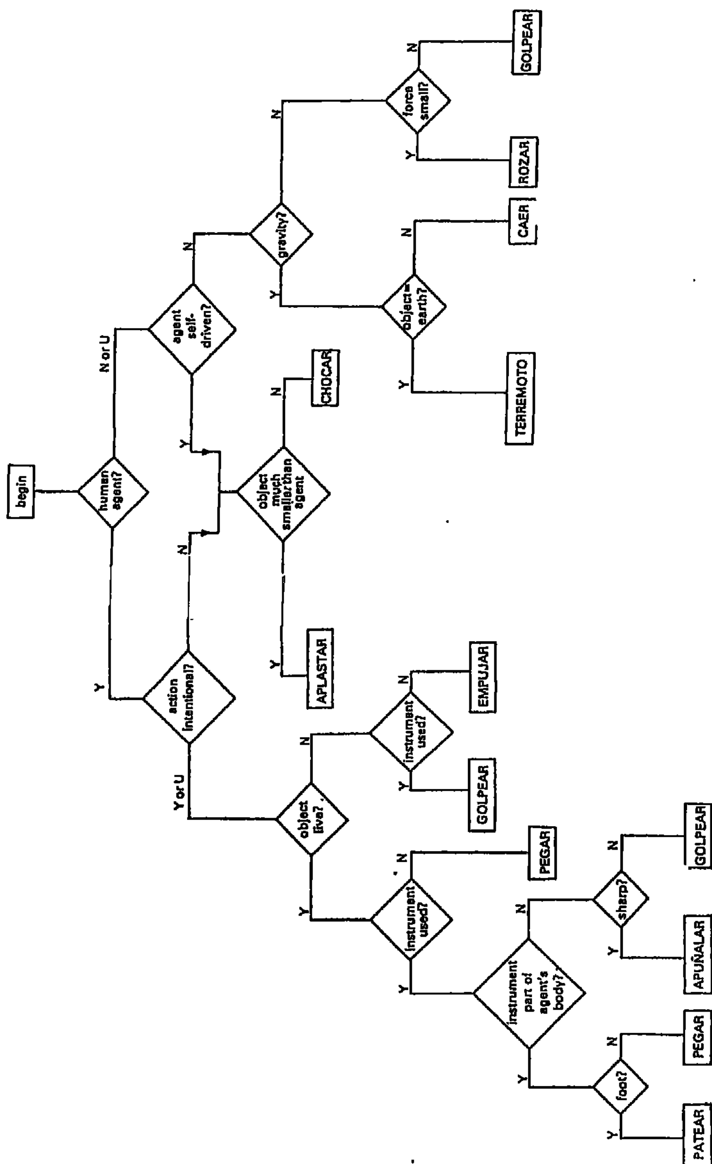
chocar: لا يفترض وجود أي نية من جانب المحرض، رغم أن الفعل ينتج حركة المحرض نفسها، ويتوقع أن يعاني المحرض من تغير في الحالة ولكن بدرجة أقل من المفعول به (الشيء).

ومن الواضح إن chocar هي الكلمة المناسبة وترجمة الجملة هي:

El viernes al Anochecer un Auto choco contra un Arbol.

ويبين شكل ٨ـ٤ شبكة التمييز للفعل الإسباني الصحيح في الوصف المنطقي للترابط الفكري المرتبط للأولية الدلالية .PROPEL ويأخذ هذا الوصف المنطقي البنية التالية:

المحرض س <==> PROPEL —مفعول→ ص —أداة→ ع



شكل ٨ ـ ٤ استخدام تمثيل الترابط الفكري لتقدير الترجمة الإسبانية الصحيحة للفعل الإنجليزي hit

المراجع

(1) Rumelhart D. (1975), "Notes on a schema for stories", in Representation and understanding, D. Bobrow & A. Collins (eds.).

(2) Propp V. (1970), Morphologie du conte, (French translation), Paris, Seuil.

(3) Schank R. C., Abelson R. (1977), Scripts, plans, goals and understanding, Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, N.J.

(4) Cullingford R.E. (1978), Script application: Computer Understanding of newspaper stories, Yale University.

(5) Bonnet A. (1979), Schema-shift strategies for understanding texts in Natural Language,Stanford University Technical Report HPP-25.

(6) Bonnet A., (1980), Analyse de textes au moyen d'une grammaire semantique et de schemas. Application a' la comprehension de resumes medicaux en langage naturel,These d'Etat.Universite ParisVI.

(7) Sabah G., (1980), Contribution a la Comprehension effective d'un recit, These d'Etat, Universite Paris VI.

(8) Wilensky R. (1978), Understanding goal-based stories, Research Report 140, Department of Computer Science, Yale University.

(9) Dyer M.G. (1981), Restaurant revisited or lunch with Boris, IJCAI-81, Vancouver, Canada.

(10) A conversation with Roger Schank, in Psychology Today, April 1983, pp.28-36.

(11) Schank R.C. (1981), Reminding and memory organization, an in

troduction to MOPs, in Strategies for Natural Language Processing, W. Lehnert & M. Ringle (eds.), Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N.J.

(12) Lehnert W., Dyer M. G., Johnson P.N., Yang C.J., Harley S. (1983), BORIS an experiment in-depth understanding of narratives, Artificial Intelligence, Vol. 20, I.

(13) Kolodner J. L. (1982), "Reconstructive Memory: A Computer Model", Cognitive Science.

(14) Bartlett F. (1932), Remembering: A study in experimental and social psychology, London, Cambridge University Press.

(15) Kittredge R., Bourbeau L., Isabelle P. (1976), Design and implementation of an English-French transfer grammar,Coling-76, Ottawa, Canada.

(16) Boitet C. (1973), Problemes actuels en T.A.: Un essai de reponse, Coling -76, Ottawa Canada.

(17) Wilks Y. (1973), An artificial intelligence approach to machine translation," in Computer Models of Thought, and language, schank and colby (eds.), pp. 114 - 151 , Freeman, San Francisco.

(18) Carbonell J., Cullingford R. E., Gershman A.V. (1978), Knowledge-based machine translation, University of Yale, Department of Computer Science, Research Report 146.

القسم الثالث

تمثيل المعرفة والعمليات الاستدلالية

مقدمة

يتكـون تمثيل المعـرفـة داخل الحاسب الآلي من إقـامـة تنـاظـر بين نظـام رمـزي للاستدلال والعالم الخارجي .

فمن الممكن تمثيل جملـة «ذهب روبـرت إلى بـاريس» . كما هي ، أي يتتـابع من الحروف والكلمات ، ولكن في هذه الحالة لن يستطيع برنامج للسؤال والجواب الإجابة على سؤال «من ذهب إلى باريس؟» لأنـه لا يوجد في هذا التتابع مـا يساعد على فهم الجملـة ، خـاصـة أنه لايـوجـد مـا يمكّن الحاسب من التعـرف على فـاعل الفعل .

والتمثيل الأفضل من وجهة النظر هذه ، والذي يخطر في البال طبيعياً هو :

الفعل : يذهب

الفاعل : روبرت

المصدر : ؟

المقصد : باريس

الزمن : ماضي

الوسيلة : ؟

وتشمل هذه القائمة المعلومات التي تدل على معنى الجملة ، ولكنها تغفل الكثير مما يمكن الاستـدلال إليه ، والذي يمكـن لأي إنسان أن يستنتجه من هـذه الجملة .

وإذا أضفناه يصبح تمثيل الجملة كالآتي :

الفعل :	يذهب	النوع :	حركة
الفاعل :	روبرت	النوع :	إنسان
المصدر :	؟	غيابي :	منزل روبرت
			مدينة
المقصد :	باريس	النوع :	مدينة
		مرادف :	عاصمة فرنسا
الوسيلة : ؟		سفر بواسطة :	القطار
			الطائرة
			السيارة

وليس ضرورياً أن تكون جميع هذه الاستنتاجات صحيحة، ولكن لابد لأي برنامج جيد لتمثيل المعرفة أن يمكّن العمليات الاستنتاجية أن تؤدي دورها في البرنامج.

وكما لم ينجح أحد في تصميم لغة برمجة واحدة للعالم كله، فكذلك لم يتمكن أحد من تصميم شكل نموذجي لتمثيل المعرفة في برامج الذكاء الاصطناعي. فبعض أشكال تمثيل المعرفة أفضل من غيرها في تمثيل العمليات الاستدلالية البحتة، بينما تتميز أشكال أخرى في حالات الاستدلال بالمحاكاة.. وهكذا.

وهناك تمييز فلسفي كلاسيكي بين نوعين من المعرفة: المعرفة الماهية "knowing what" والمعرفة الكيفية knowing how ويقابل ذلك في الذكاء الاصطناعي الفرق بين المعرفة المعلنة declarative knowledge والمعرفة الإجرائية "procedural knowledge" وتمتاز مواد المعرفة المعلنة بأنها سهلة القراءة والتعديل كما أنها لا تتطلب شرحاً لكيفية استخدامها. ولكن يعيبها أن معالجة هذا النوع من المعرفة يتطلب وقتاً طويلاً نسبياً. أما المعرفة الإجرائية فلها عكس مميزات وعيوب المعرفة الأولى. وتكون مواد المعرفة المعلنة بمثابة البيانات التي يعمل عليها ويفسرها البرنامج. وقد سبق أن رأينا مثالاً على التمايز بين المعرفة المعلنة والإجرائية في تحليل اللغات الطبيعية، وذلك بين القواعد اللغوية (التي تمثل المعرفة المعلنة) وبين البرامج التي تفسر وتطبق هذه القواعد. وكما أن هيكل البيانات data structure ليس هو المعرفة ذاتها، فإن الكتاب ليس سوى مصدر للمعرفة، وهو لاينتج المعرفة إلا حين يتحد مع القدرة على القراءة والفهم.

وتستخدم الإجراءات التفسيرية هياكل المعرفة المعلنة بعدة طرق، فمثلاً يمكن استخدام القاعدة أ & ب <== ج بأحد الطرق الأربعة التالية:

(١) إذا كان كل من أ و ب صحيحين، إذا ج تكون أيضاً صحيحة.

(٢) إذا كان الهدف هو إثبات صحة ج، إذن فالطريقة الممكنة هي إثبات صحة أ و ب.

(٣) إذا كان أ صحيحاً و ج كاذباً، إذن ب يكون كاذباً.

(٤) إذا كان ج كاذباً، إذن فواحد على الأقل من أ و ب يكون كاذباً.

إن لدينا مخزوناً هائلاً من المعرفة حول حقائق العالم من حولنا، مثل «الكلاب نوع من الحيوانات» و«الفيل لـه خرطوم» . . إلخ، ونحن نريد في الـذكاء الاصطناعي أن نستطيع وصف خواص الأشياء من أسمائها، وأن نجـد طرقاً لتصنيف هذه الأشياء. كما نريـد أن نجد طرقـاً لوصف الأحداث مثـل «قابل جيسكار بـريجينيف في وارسو» و«قتل جون ماري وهو في حالة غضب».

وتقـاس قـوة طـريقـة التمثيل بقـدرتها على التعبير بـدقـة عن المواقف المعقـدة، وبقـدرتها أيضـاً على تمثيل الترابط بين الأشيـاء، كأن يعبر عن حقيقـة أن روايتين مختلفتين تشتركان في شيء ما: ففي المعلومات الجيولوجية مثلاً يجب أن يمثل «حجر الجير المضغـوط»، و«حجر الجير المسـامي» باعتبـارهما شكلين خاصين من «حجـر الجير»، وليس كمادتين مختلفتين لايربط بينهما شيء. ولا تحسن هـذه الخاصية الثـانية وضـوح التمثيل فقط بل تخفف أيضـاً العبء على ذاكـرة الحاسب لأنها تمكن من تسجيل مواد المعرفة التي لها خواص مشتركة مرة واحدة بدلاً من تسجيلها في مداخل منفصلة.

ويمكن قياس قـوة البرنامج بـالقدرة على معالجة الحجج غير الـدقيقة، خـاصة العمليات الاستقـرائية، والتي هي دائماً أصعب من العمليات الاستنباطيـة البحتة، وهنـايمكن أن نشير إلى فكـرة الاستـدلال «بـالسليقـة»، والتـي تختلف عن المنطق الصوري، والرياضيات في أنها تستخدم حين نضطر إلى اتخاذ القرار في غيبة معلومات كاملة. ففي الرياضيات لا يمكن قبـول أحكام ما لم يتم التوصل إليها بتطبيق قوانين الاستدلال على مقـدماتها الأولية، بينما كثيراً ما نضطـر في حياتنا اليـومية إلى التسليم بقصور معرفتنا، ونتـوصل إلى نتائج لايمكننا أن نثبت صحتها بدقـة ولكنها تبدو لنا معقولة بل وكثيراً مـا نصفها بأنها «معقولة». وسنعرض في هـذا القسم صياغة المنطق التقليدي أولاً ثم نـؤكد على حـاجتنا لأن نكـون قادرين على محاكـاة هذا الشكل غير المحكم من الاستدلال.

الفصل التاسع
منطق الدرجة الأولى
First Order Logic

يتناول هـذا الفصل نظام المنطق الصوري الـذي اهتم به الفـلاسفة والريـاضيون لـزمن طويل. وكـان جون مكـارثي هـو أول من اقترح استخدام هـذا المنطق لتمثيل عمليات الاستدلال واتخاذ القرارات، وذلك في بحـث قدمه عام ١٩٥٨ . وسنصف أولاً حساب القضايا propositional calculus باعتباره أداة مفيدة، إلا أنه غير قادر على التعبير عن غـالبيـة المسـائل التي يعنـي بها الـذكـاء الاصطنـاعي، كما نعـرض لامتداده إلى حساب المحمول predicate calculus، ونعطي أمثلة عديدة للمسائل التي يمكن أن يعبر عنها بسهولة في الصياغة الصورية الأخيرة.

حساب القضايا Propositional calculus

يتحدد حساب القضـايا بمجموعتين من القوانين، هما مجمـوعة قوانين التراكيب التي تحكم شكـل الإفـادة التـي يمكن أن يعبّر عنهـا في اللغـة، وتلـك التي تحكم اشتقاق إفادات جديدة من إفادات قديمـة. ويعين لكل إفادة قانونية (تسمى قضية proposition) قيمة واحدة من بين اثنتين هما الصدق والكذب اللذان يسميان «قيم بـوليـة» Boolean values باسم عـالم الرياضيات والمنطق. جـورج بول (١٨١٥ ١٨٦٤م).

فإذا نظرنا إلى القضيتين التاليتين: «ريجان هو رئيس الولايات المتحدة»، و«مدريد عاصمة بلجيكا»، نجد أن واحدة منهما فقط صحيحة في هذه اللحظة (١٩٨٤م). ويمكن التعبير عن قضـايا أكثـر تعقيـداً باستخـدام الروابط المنطقيـة logical con

nectives والتي عادة ما تكتب بالشكل الآتي:

«و» أو &

«أو» V

«غير» أو ~

«تتضمن» ——> أو ⊂

التساوي =

ويمكن استخدام هذه الروابط للتعبير بلغة صورية عن قضايا مثل «الجورب إما على المنضدة أو في الدرج» أو «هنري ليس عالم رياضيات أو عالم طبيعة». لاحظ أن «أو» هنا متضمنة inclusive في هذه اللغة الصورية بينما غالباً ما تكون استبعادية exclusive في حياتنا اليومية، كما في الجملة السابقة عن الجورب. فالقضية «أ أو ب» تكون صادقة صورياً إذا كانت أي من أ أو ب صادقة أو في حالة كون الاثنتين صادقتين، ولكن إذا ثبت لنا صحة إحداهما، فلا حاجة لنا للنظر في قيمة صدق الأخرى.

والقضية أ = ب صادقة إذا تساوى أ و ب في الصدق أو الكذب، أما إذا اختلفا في قيمة الصدق تكون القضية كاذبة.

وتعني القضية «أ ===> ب» أنه إذا كانت «أ» صادقة، فكذلك تكون «ب»، وعلى هذا ف «أ ===> ب» تكون صادقة إذا كانت «ب» صادقة، وكذلك إذا كانت «أ» كاذبة. وقد يبعث الإثبات الأخير على الدهشة، ولكن يمكن التدليل على صحته بإعطاء مثال كالآتي: «إذا كنت في باريس، إذن أنا في فرنسا»، وهو يعادل منطقيا «أما أنا في فرنسا أو لست أنا في باريس». إن قيمة صدق القضايا الشرطية لا تتضح دائماً بالبديهة، فمثلا: «إذا استطاعت الخيول أن تتكلم، فإن الخنازير يمكنها أن تطير» صادقة. ونفي قضية «أ» يكون صادقاً إ[illegible] «أ» كاذبة والعكس صحيح.

وتحدد القائمة التالية الروابط المنطقية الخمسة بفعالية حيث «ص» تعني صادقة، و«ك» كاذبة :

أ	ب	أ ∧ ب	أ ∨ ب	أ ==> ب	⌐ أ	أ ≡ ب
ص	ص	ص	ص	ص	ك	ك
ص	ك	ك	ص	ك	ك	ك
ك	ص	ك	ص	ص	ص	ك
ك	ك	ك	ك	ص	ص	ص

ويعتمد حساب القضايا على القانون المسمى مودوس بونينز Modus ponens والذي يقول إنه إذا كان $P \Longrightarrow Q$ وكانت P صادقة، فلابد أن تكون Q أيضاً صادقة. ويكتب هذا صورياً بالشكل التالي :

$$(A \wedge (A \Longrightarrow B)) \Longrightarrow B$$

كما أن هناك أيضاً قانونان يسميان «قوانين دي مورجان» de Morgan's Laws :

$$\neg (A \wedge B) = \neg A \vee \neg B$$

$$\neg (A \vee B) = \neg A \wedge \neg B$$

والتعبير الصوري لمنهج the reductio ab absurdum في الاستدلال كالتالي :

$$(A \Longrightarrow B) \equiv (\neg B \Longrightarrow \neg A)$$

ويمكن تطبيق هذه الطريقة إذا كان هدفنا إثبات أ ==> ب، فإنه يمكننا تحقيق ذلك بافتراض أن ب كاذبة، ونوضح أنه في هذه الحالة تكون أ كاذبة، وهذا يناقض الفرض بأن «أ» صادقة، وعلى ذلك فلابد أن تكون «ب» صادقة.

حساب المحمول Predicate Calculus :

لا يمكننا استخدام حساب القضايا في التعبير عن جمل كثيرة تهم الذكاء الاصطناعي، بل وميادين أخرى أيضاً، فمثلاً عندما نود أن نذكر حقائق عن الأشياء في العالم، يجب أن نكون قادرين على أن نعين بدقة الأشياء ذاتها التي نشير إليها (مسألة التعيين instantiation)، وأن نذكر ما إذا كنا نقصد كل من ينتمي إلى

مجموعة بعينهـا أم بعضاً منهـا فقط . ويسمح لنـا حساب المحمـول ــ وهو امتـداد لحساب القضايا ـ بـذلك ، وذلك باستخدام فكرتي المحمول predicate والسـور quantifier . والسور نوعان : السور الكلي universal quantifier والسور الوجودي existential quantifier وأهم مـا يميز حسـاب المحمول عن حسـاب القضايـا هو تقديمه لفكرة المتغير variable .

والمحمول هو تابع أو دال function له حد أو أكثر argument ، ويعطي أحد قيم الصدق . وبذلك يعرف المحمول (كلب) على الوجه التالي :

كلب (س) : «س هو كلب» .

ويكون هـذا المحمول صـادقاً إذا كـان « س» = بوبي ، ويكـون كاذبـاً إذا كان «س» = بوسي .

ومن المتبع استخـدام الحروف الأخيرة من الأبجـديـة الإنجليـزيـة للمتغيرات واستخـدام الحروف الأولى أو المعـرفـات الـرمزيـة (الأسماء) مثل بـوسي أو مـدريـد كثوابت . ويمكن للمحمول أن يعرف علاقة أو يحدد فعلاً مثل :

يعطي (س ، ع ، ف)

ويمكن أن يعني هذا « س يعطي ع إلى ف» .

والتابع تعميم لفكرة المحمول، وهو قادر على إرجاع قيمة من أي نوع، بولية، أو رمزية، أو عددية . فالتابع :

عاصمة (س)

يرجع القيمة «روما» عندما تكون «س» = إيطاليا .

ويمكن دمج المحمول والتابع، ولكن بمراعاة بعض القيود على ذلك، فمثلاً إذا دمجنـا المحمول «كلـب»م مع التابع «عـاصمـة» بـالترتيب التالي : كلـب (عاصمـة «س»)، وإذا كانت «س» = إنجلترا، يكون المحمول المراد تقييمه هو كلب (لندن)، والذي ربما كـان كاذبـاً . أما إذا عكسنـا ترتيب التـابع والمحمول وأصبح : عـاصمة (كلب «س»)، فيكـون التابع المراد تقييمـه هو عاصمـة (كاذب)، بمعنى «مـا هي

عاصمة كاذب؟» والذي من الواضح أنه سؤال لا معنى له .

الأسوار Quantifiers

هنـاك نـوعان من الأسـوار : السـور الكلي∀ ، ويعني «الجميع . . . .»، والسور الوجودي ∃ ويعني «يوجد . . . . . .».

مثال : «كل كلب حيوان» يعبر عنها منطقيا كالتالي :

(∀ س) (كلب (س) ⇐ حيوان (س)).

«كل ولد يمتلك دراجة» يعبر عنها كالتالي :

(∀ س) (∃ ع) (ولد (س) ← دراجة (ع) ∧ يمتلك (س ، ع)).

وتعني الإفـادة الثانيـة أن لكل من كان ولـد (س)، هناك دراجـة (ع) بحيث أن (ع) يملكها (س).

قواعد الاستدلال Rules of inference

تمكننـا قواعـد الاستدلال من التـوصل إلى إفـادات جديـدة مشتقة من إفـادات مـوجودة من قبل، بـاستخـدام قانـوني مـودوس بونينـز اللـذين عرفنـاهما فيما سبق والتخصيص الكلي الذي ينطوي على إحلال المتغير المسور بثابت :

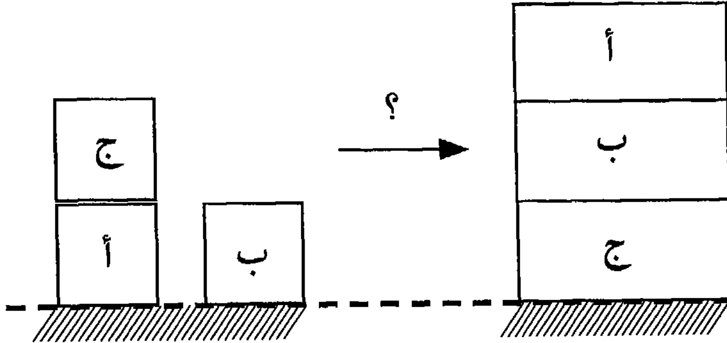
∀ س (ق (س)) ⇐ ق [1]

وتسمى هذه العملية «الاستبدال»، وعملية تساوي تعبيرين مسورين عن طريق الإحلال تسمى التوحد unification . وقد أثرت خوارزمية التـوحد لروبينسون[2] Robinson تأثيراً هاماً في أبحـاث إثبات النظرية theorem proving . (انظـر على سبيل المثال نيلسون)[3] Nilsson.

تطبيقات في حل المسائل : تجميع الكتل

يـوضـح شكل ٩ - ١ مسألـة مطلــوب حلهـا : أ و ب و ج ثــلاث كتل

متطابقة، مرتبة في البداية كما هو مبين على اليسار، حيث أ و ب موضوعان على المنضدة، بينما ج موضوعة فوق أ ، و ب حرة بمعنى أنه لا تستقر أي كتلة عليها. والمطلوب هو تغيير الترتيب إلى ما هو مبين في الجانب الأيمن ، حيث ج مستقرة على المنضدة ، وب على ج و أ على ب ، مع الالتزام بقاعدة تقول إنه لا يمكن تحريك إلا كتلة واحدة كل خطوة.



شكل ٩ ـ ١ المسألة المطلوب حلها

يمكن للتعبير عن الصورة الأولية للمسألة على النحو التالي :

تصور أولي : على (أ ، ج)

على ـ المنضدة (أ)

على ـ المنضدة (ب)

حرة (ج)

حرة (ب)

وتكون الصورة النهائية (الهدف) على النحو التالي :

تصور نهائي : على (أ ، ب)

على (ب ، ج)

على ـ المنضدة (ج).

ولابد من تعريف المحمول «حر»، كما لابد من إعطاء القواعد التي تحدّد الظروف التي تجعل كتلة ما حرة. ويعطي البرنامج القواعد التالية ويحاول تطبيقها بترتيب مختلف:

١ ـ حرة (أ) ⟸ ¬(∃ ع) على (ع ، أ).

بمعنى إذا كانت كتلة حرة فإنه لا تستقر عليها أي كتلة أخرى.

٢ ـ على (ع ، أ) ∧ ابعد (ع ، أ) ⟸ حر (أ) ∧ ¬ على (ع ، أ).

يعرف فعل «ابعد» بأنه تحرير كتلة لم تكن حرة من قبل.

٣ ـ حر (أ) ∧ حر (ع) ∧ تجميع (أ ، ع) ⟸ على (أ ، ع).

تعريف «تجميع» أو «تكويم» الذي ينتج عنه استقرار كتلة فوق أخرى.

وعلى البرنامج ـ مزوداً بهذه القواعد ـ أن يجد سلسلة من الأعمال التي تؤدي إلى تغيير الشكل من صورته الأوليّة إلى صورته النهائية.

وهذه المشكلة نموذج للإنتاجية التي نعرض لها في الفصل الثاني عشر.

والاستراتيجية هي أن يحاول البرنامج تحقيق سلسلة من الأهداف الفرعية. يأخذ البرنامج «على (أ ، ب)» كهدفه الفرعي الأول، ويبحث عن قاعدة تؤدي إلى «على (س ، ع)»، فيجد القاعدة رقم ٣ ، فيحاول البرنامج تطبيق هذه القاعدة مستبدلاً «س» = أ ، و ع = ب، وبذلك يضع الهدف الفرعي الأول (هف ١):

هف ١ : حر (أ)

حر (ب)

تجميع (أ ، ب).

ولتحقيق ذلك لابد من تحقيق «حر (أ)»، ولذلك يقوم البرنامج بتطبيق القاعدة رقم ٢ ، مستبدلاً «س» = أ، وبذلك يضع الهدف الفرعي الثاني (هف ٢):

هف ٢ : على (ع ، أ)

ابعد (ع ، أ).

ويستطيع البرنامج حينئذ تحقيق «على (ع ، أ) بسهولة، مستبدلاً ع = ج ، لأنه سبق أن أعطى «على (ج ، أ). ويعطي هذا «ابعد (ج ، أ) كأول عمل حقيقي يؤدّى. وشرط أن يكون «أ» حراً «حر (أ)» أصبح محققاً، وهكذا يصبح تحقيق «جمّع (أ ، ب) ممكناً الآن.

ولتحقيق الهدف النهائي ، لابد من تنفيذ «على (ب ، ج) بتطبيق القاعدة رقم ٣ ، وذلك يتضمن هدفاً فرعياً جديداً :

هف ٣ : حر (ب)

حر (ج)

جمّع (ب ، ج).

تحدّد القاعدة رقم ١ الشروط لكي تكون (ب) حرة :

حر (ب) <==(∀ ع) ┌ على (ع ، ب) <== ┌ على (أ ، ب).

(أي إذا كانت ب حرة، فليست هناك كتلة مستقرة على ب، وبالتالي لا يمكن أن تكون أ مستقرة على ب)، وبذلك يلزم تطبيق القاعدة رقم ٢ لتنفيذ «ابعد (أ ، ب)»، ملغياً نتيجة العمل السابق «جمّع (أ ، ب): ليس لدى البرنامج وسيلة لمعرفة أن «ابعد» هي الفعل العكسي ل « جمّع » (ولكن بمجرد تحقيق «على (ب، ج)» فإن الفعل الثاني «جمّع (أ ، ب)» يحل المشكلة.

ويوضح هذا المثال أن الترتيب الصحيح للأهداف الفرعية يمكن أن يعطي حلاً أسرع للمسألة. وهنا لا يكون الهدف الفرعي «على (أ ، ب)» مستقلاً عن «على (ب ، ج)»، فتحقيق الأول يعيق تحقيق الثاني، بينما لا يشكّل الثاني أي عائق أمام

الأول ، ولـو درس هـذا القيد في البـدايـة ، لأمكن تجنب تنفيـذ «على (أ ، ب)» الذي أوقف بعـد ذلك وتم التراجع عنه . إن استخدام هـذا النوع من الحجة المعـرفية heuristic reasoning ـ مع ملاحظة أن تحقيق أحد الأهـداف الفرعية قد يعوق تنفيذ هدف آخر ـ يميز بين بحث search ترشده قواعد ذات مستوى عالٍ ، وبين بحث أعمى . ويعطى برنامج توليد الخطة NOAH لايرل ساكردوتي [٤] Earl Sacerdoti نتائج جيدة جداً بالنسبة للمسائل التي تحتاج مثل هذا المنهج .

ويمكن التعبير عن كثير من المسائل ذات الطبيعة الاستنباطية ـ مثل المسألة التي ناقشناهـا أعلاه أو مشكلة برج هـانوي الشهيرة[*] ـ باستخـدام المنطق من الدرجة الأولى ، ولكن هذه في الحقيقـة مجرد ألعاب منطقيـة ، وغالبيـة المسائل التي يـواجهها الإنسـان ذات الطبيعة الاستقـرائية أكبر بكثير من هـذه الألعاب ، ومثـال ذلك فهم وتفسير السجل الطبي للمـريض ، فمثل هـذه المشـاكل تتطلب تناول بيـانـات غير مـؤكدة ، بل قـد تكـون خاطئـة ، ولا يمكن التـوصل إلى حل إلا بـالقيام بعمليـات استدلاليـة معقدة ، مثل وضع فرض مبـدئي ، يؤكد تدريجيـاً كلما توافرت معلـومات أكثـر ، مع إجراء الكثير من التأكيـدات لاكتشـاف الأخطاء . . . وهكـذا . ولهذا تم تطوير صياغات رسمية أخرى بخلاف المنطق من الدرجة الأولى لإمكان وضع طبيعة العمليات الإدراكية للإنسان موضع الاعتبار .

وكان المنطـق من الدرجـة الأولى أول التقنيات التي استخـدمت في استفسار قـواعد البيانات كما في برنامج SIR [٥] وقد أعطى جرين[٦] مثالاً لسؤال موجه إلى قاعدة بيانات بـه متغيرات حرة ، وعلى البرنامج أن يجد في قاعدة المعلومـات الوحدات التي ترتبط بهذه المتغيرات حتى يجيب على الاستفسار ، كما ناقش جالير ومينكر Gallaire

---

(*) تتلخص مشكلة برج هانوي الشهيرة في أن هناك ثـلاث مصطبات مثبتة فوق لوح خشبي ، وفوق إحدى المصطبات يوجد عدد «ن» من الأقـراص ذات أحجام مختلفة ، متراصة بترتيب متزايد في الحجم من الأصغر في القمـة إلى الأكبر على القاعدة . والمطلـوب هو نقل هذه الأقـراص من المصطبة الحاليـة إلى مصطبة أخـرى مع اتباع قـواعد معينـة ، من بينها أنـه لا يجوز نقل أكثر من قـرص في المرة الواحدة ، وأنه لا يجوز أن يـوضع قرص فوق قرص أصغر منه ، وأن المصطبة الثـالثة يمكن استخدامها عند الضرورة . وهناك مناقشة لهذه المشكلة في نيلسون [٣] Nilsson أثناء عرضه لحساب المحمول .

في كتابيهما استخدام المنطق في قواعد البيانات، وقد اهتم ليفيسك Minker &[7] Levesque [8] بوجه خاص بقواعد البيانات ، التي تكون فيها المعلومات غير كاملة، فإذا كان السؤال مثلاً «كم عدد أبناء ماري؟» موجهاً إلى برنامج يفترض أن المعلومات التي بقاعدة البيانات كاملة، سيقوم ببساطة بحساب عدد الأفراد الذين ينطبق عليهم معيار «ابن ماري». ويؤكد ليفيسك أنه لابد من وجود لغة يمكن استخدامها للتعبير عن مجال الاستفسار وعما تعرفه قاعدة البيانات عن هذا المجال، للإجابة على مثل هذا السؤال بشكل صحيح.

المراجع

(1) McCarthy J. (1968), "Programs with common sense", in Semantic Information processing, M. Minsky (ed.) Cambridge, Mass. MIT Press (Article originally appeared in 1958).

(2) Robinson J. A. (1965), "A Machine-oriented logic based on the resolution principle", JACM 12(1), pp. 23-41.

(3) Nilsson N. (1980), Principles of Artificial Intelligence, Palo Alto California, Tioga Publishing Company.

(4) Sacerdoti E.D. (1975), "A structure for plans and behavior", Technical Note 109, AI Center, SRI International, Menlo Park, California.

(5) Raphael B. (1968), SIR: A computer program for semantic information retrieval, in semantic information processing, Cambridge, Mass. MIT Press (original article in 1964).

(6) Green C. (1969), The application of theorem-proving to question-answering systems",Ph.D. thesis, Dept. of Electrical Engineering, Stanford University.

(7) Gallaire H. Minker J. (Eds.) 1978, Logic and databases, New York, Plenum Press.

(8) Levesque H.J. (1983), "The logic of incomplete knowledge bases", in Conceptual Modelling: Perspectives from artificial intelligence, Databases and programming languages, Bordie, Mylopoulos and Schmidt (eds.), New York, Springer-Verlag.

الفصل العاشر
التمثيـل الإجـرائي

مقدمة

لايوجـد في مواد المعرفـة المعلنة declarative knowledge مـا يدل على كيفيـة استخدامها، بينما تحتوي مواد المعرفة الإجرائية procedural knowledge ـ في المقابل ــ على معلومـات واضحة حـول هذه النقطـة. الأولى لها طبيعة مـواد البيانـات التي تستخـدمهـا بـرامج الحاسب، بينما الثـانيـة هي البرنـامج ذاتـه، ويترتب على هـذا التعـريف أن التمثيل الإجـرائي procedural representation هـو الوحيـد من بين الأنواع الخمسة التي نصفهـا في هذا الجزء من الكتاب الذي لم يؤكـد الفائدة العظيمة للشكل المعلن.

ويظهر الفـرق بين التمثيل المعلن والإجرائي بوضوح في مجال اللغـات الطبيعية، فيمكن تعريف المركب الاسمي بإفادة معلنة في شكل قواعد قليلة للنحو، وتنفّذ هذه القواعد بواسطـة برنامج قادر على تقرير ما إذا كان تتـابع كلمات العبارة يطابق عدداً من المعايير اللغوية أم لا؟ وإذا لم تنطبق قاعدة لغـوية على هذا التتابع، تجرّب قاعدة أخرى. ويشمل التمثيل الإجرائي البرنامج الذي يمسح scans الكلمات، والقواعد التي تعـرّف المركب الاسمي. ولن يفوت القـارىء اليقظ أن يلاحظ أن مـادة المعرفـة المعلنـة لا يمكن أن تظل قائمـة بـذاتها، ولكنـه يجب أن تتمّم بإجراءات تفسيريـة، وبذلك لا يمكن أن يكون البرنامج معلناً كليـة، لكن يمكن أن يكون إجرائياً تماماً. وتتطلب كتابة برنامج يحتوي على معرفة معلنـة بدرجة عالية استخدام لغة برمجة ذات تركيب «متسع» wide syntax ليسمح بالتعبير عن التنوع الكبير في المعلومات، بينما

يجبر التركيب المحدد المبرمج على أن يحيل معظم المعلومات إلى الأجزاء الإجرائية من البرنامج.

يوضح ذلك تمثيل الجملة التالية [1]:

جميع الجنود الإسرائيليين والأمريكيين مدربون.

فيكون التمثيل المعلن لها باستخدام المنطق من الدرجة الأولى:

(∀ س) (جندي (س)∧ (إسرائيلي (س) ∨أمريكي (س))) ⟸ مدرب «س».

أما الصورة الإجرائية فتكون بالشكل التالي مع استخدام لغة البرمجة MICRO-PLANNER [2]:

(نتيجة (مدرب ؟ س)

هدف (جندي ؟ س)

(أو (هدف إسرائيلي ؟ س)

(هدف أمريكي ؟ س)))

ويمكن أن يستخدم التمثيل المعلن لتقرير ما إذا كان شخص ما مدرباً أم لا، وكذلك لإثبات أن الجندي الذي لا يكون مدرباً ليس إسرائيلياً. ويمكن أن يستخدم التمثيل الإجرائي بهذه الكيفية، لإثبات أن فرداً ما «س» مدرب، أثبت أولاً أنه جندي، فإذا نجحت في ذلك، أثبت أنه إسرائيلي، فإذا نجحت في ذلك، فهذا هو البرهان، وإذا فشلت أثبت أنه أمريكي، ويحتل ترتيب الحدود terms والاستدلالات أهمية خاصة.

ونعرض الآن للمميزات والعيوب النسبية لشكلي التمثيل، وقد ثار جدل كثير (٣) حول هذا في بداية السبعينات.

مميزات الصور المعلنة للمعرفة

سهولة القراءة: فقراءة مواد البيانات أسهل بكثير من قراءة برامج الحاسب

خاصة لغير المتخصصين، ويتضح أهمية هذا المبدأ العام من المثال أعلاه.

الإيجاز والمرونة. فالجملة التي تحوي عدة متغيرات لايلزم كتابتها بالصورة المعلنة سوى مرة واحدة فقط، ويمكن استخدامها عدة مرات بطرق مختلفة في مناسبات مختلفة وفقاً للنتائج المرجوة، لكن الصورة الإجرائية لنفس المعرفة يجب أن تكرّر في كل برنامج يستخدمها، لأنّ توجه الاستدلال والقيود على المتغيرات قد تختلف من برنامج لآخر. ولهذاتتميز الصورة المعلنة بالإيجاز والمرونة.

سهولة التعديل: البنية المعلنة أسهل في التعديل، كما يمكن إضافة معلومات جديدة بسهولة أكثر. ولهذا أهمية خاصة في تطور برامج الذكاء الاصطناعي، وإعطائها القدرة على التعلم من الممارسة، أي القدرة على أن يعدل البرنامج نفسه من سلوكه (انظر الفصل التاسع عشر).

مميزات الصور الإجرائية

ما وراء المعرفة: يعبّر عن بعض مواد «المستوى الثاني» للمعرفة ــ وهي نوع من «ما وراء المعرفة» ــ بسهولة أكثر في الصور الإجرائية: فالعلاقة «قريب من» يمكن أن تعامل كعلاقة انتقالية [٤] بشرط ألا تستخدم أكثر من اللازم في سلسلة استنباطية. ولا تناسب الصور المعلنة هذا النوع من المعلومات جيداً، لأن استخدامها يتطلب التوصل إلى البنية العميقة للخطوات الحسابية كالخطوات التكرارية مثلاً.

اعتماد صورة المعرفة على استخدامها مستقبلاً:

نظرياً، يمكن كتابة بيانات المعرفة دون اعتبار لاستخداماتها في وقت لاحق، ولكن من الناحية العملية يكون ذلك دائماً في ذهن كاتب البرنامج. انظر إلى هذه الجملة المستخدمة في تشخيص أمراض النبات:

«إذا وجدت بقعا على أوراق النبات، وكانت هذه البقع في شكل قرح، فإن من المحتمل أن فطر كذا وكذا موجود».

من الواضح أن الجزء الثاني من الجملة لايقيّم إلاإذا كان الجزء الأول صادقاً، وأي كاتب للبرنـامج يدرك أن الإجراء التفسيري سوف يقيّم أجـزاء القضية بترتيب معين، وعادة ما يكون هذه هو نفس الترتيب الذي كتبت به.

الضرورة القصوى. هناك دائماً مستوى نهائي يجب أن تفسر عنده أي معلومات معلنة وأن تنفذ بإجراء ما، أو بعبارة أخـرى هناك دائماً أجزاء من المعلومات لا يمكن اختصارها ويتحتم أن يبرمج وبالتالي يصبح بالضرورة جزءاً من صورة إجرائية.

التقويم العام للنظم الإجرائية

تمثـل Micro-planner نموذجاً جيداً للغات البرمجة الإجرائيـة: قاعدة للمعرفة مكونة من بيانـات وبراهين نظرية theorems، والأخيرة عبارة عن إجـراءات معالجة تعمل كلما طرأ تعديل على قاعدة المعرفة وكلما تحققت شروط سابقة.

وبالإضـافة إلى أن جميع الاستـدلالات في هذه الإجـراءات تسير دائماً في اتجاهات واضحة ومحددة، فإن الفـرق الرئيسي بينها وبين قـواعد الإنتاج (انظـر الفصل الثاني عشر) يكمن في أن هـذه البراهين يمكن أن يستدعـي كل منها الآخـر، بينما لا تتصل قواعد الإنتـاج ببعضها أبداً إلا عن طريق مفسر. وتعطي هـذه الخاصية نظم الإنتاج ميزة أساسية هي قابليتها للتركيب modularity، وقد أدى هذا إلى التخلي عن النظم الإجرائية الخالصـة إلى حد كبير. كما أن من بين عيوب النظم الإجرائية أيضـاً صعوبة التحكم في عدد الاستنتاجات التي تفرزهـا، والتي رأى كثير من الباحثين فيها حجة ضد استخدام هذه النظم في التطبيقات الواسعة.

المـراجع والحـواشي

(١) هـذا المثال ليس تـرجمة للمثال الموجـود في النص الإنجليزي، ولكنـه يحقق نفس الغرض، وقد استخـدمناه لأن المثال بالنص الإنجليـزي قد يصعب فهمه على القارىء العربي. (المترجم).

(2) Hewitt C(1972), "Description and theoretical analysis (using schemata) of PLANNER: a language for proving theorems and manipulating models in a robot". Memo AI-TR-258, MIT.

(3) Winograd T. (1975), Frame representation and the declarative/procedural controversy", in Representation and understanding: studies in cognitive science, Bobrow and Collins (eds.), New York, Academic Press, pp. 185-210.

(٤) يوضح المثال التالي ما نعنيه بالانتقالية :

إذا كان أ = ب ، ب = ج

إذن أ = ج (المترجم).

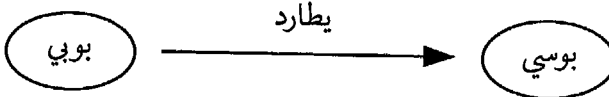
الفصل الحادي عشر

الشبكات الدلالية

مقدمة

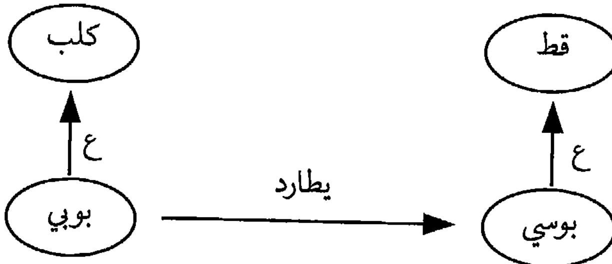
تتكون الشبكة الدلالية من مجموعة من العقد nodes تربطها أقواس arcs، وبوجه عام تمثل العقد مفاهيم بينما تعطي الأقواس العلاقات بين هذه المفاهيم. وعادةما تسمى العقد البسيطة بأسماء المفاهيم التي تعبر عنها، أما العقد الأكثر تعقيداً فليس لها بالضرورة أسماء، وهي نفسها شبكات دلالية فرعية. وتنسب فكرة استخدام الشبكات الدلالية لتمثيل المعرفة الإنسانية إلى كويليان Quilian[1].

ويمكن تمثيل عبارة «يطارد بوبي بوسي» على الوجه التالي:



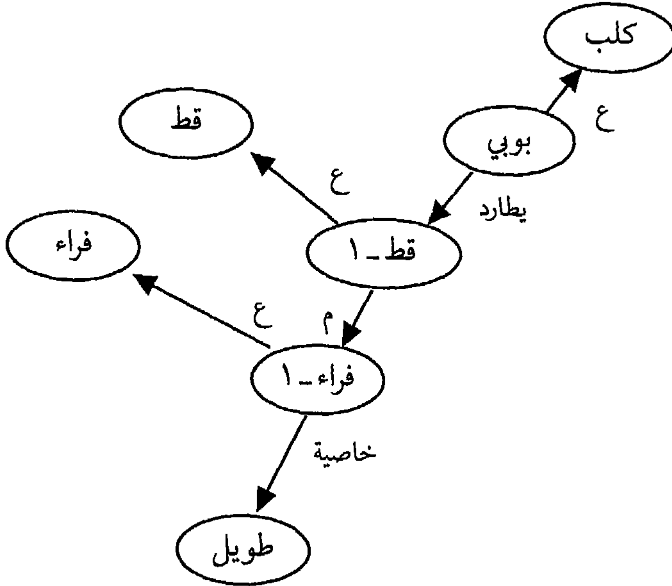
كما يمكن تمثيلها كتابة كالآتي: (يطارد بوبي بوسي).

وعادة ما يرتبط مفهوم ما بمجموعة أو أسرة، ويكون هو عضواً فيها، وباستخدام «ع» لتدل على «عنصر من» يمكن أن نعطي شبكة أكثر تعقيداً:

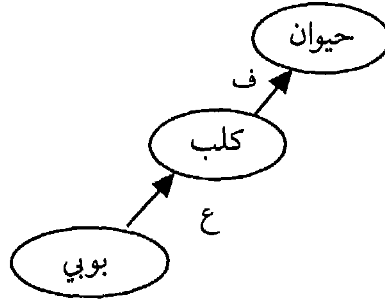


تطور التمثيل باستخدام الشبكات

لننظر إلى جملة أكثـر تعقيداً مثل «يطارد بوبي القطة ذات الفـراء الطويل». تقول هذه الجملـة إن بوبي (وهـو كلب) يطارد كـائناً وهـو قط يمتلك شيئاً وهـو (الفراء) الـذي له خـاصية معينـة وهي خـاصية أنـه طـويل. من الممكن تمثيل هذه الجملـة بالشكل التالي حيث «م» تدل على الملكية:

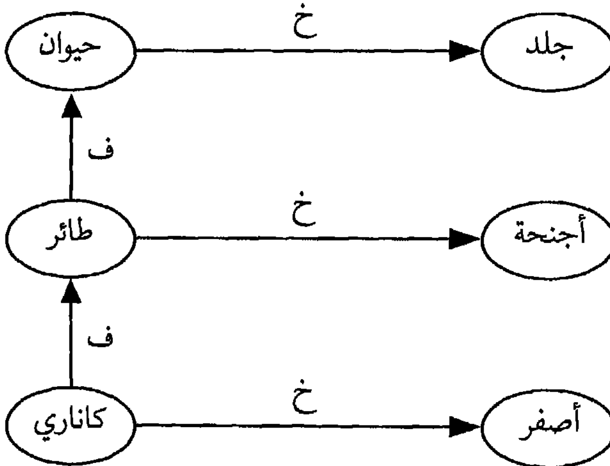


وغالباً ما تكون العقد غير المعنونة حالات خاصة لمفاهيم أعم، ويمكن أن تعنون في حالة الضرورة بإضـافة لاحقة كما في «قط ـ١» أعلاه، وتتصل بـالمفهوم الأم بقوس يسمى «ع» ليدل على عـلاقة العضـوية. إذن تـربط العلاقـة «ع» الفرد individual بالمجمـوعة أو العـائلة التي هو عضـو فيها، وهناك عـلاقة أخـرى «ف»، ودلالتها «مجموعـة فرعيـة من»، تربط المجموعـة بمجموعـة أكبر أو بطبقة أعم وأكبر. وبهذا يمكن التعبير عن الجملة: «بوبي كلب وهو حيوان» كالآتي:

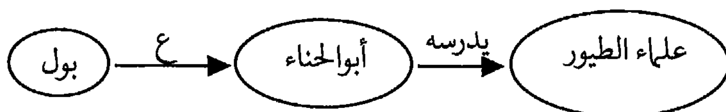


قد يلاحظ القارىء أنه من الممكن عنونة العقدة «بوبي» ب «بوبي ـ١» لتشير أن هـذا الكلب المعين هـو عضـو في مجموعـة الكـلاب التي تشترك في الاسم «بـوبي»، وربطها بقوس «ع» لتتصل بعقدة «بوبي». وقد يلاحظ القارىء أيضاً أن «هو» و«هو» في الجملة «بـوبي هو كلب وهو حيـوان»، مختلفتان في المعنى، ولابد لأي ميكـانيكية استدلالية أن تتعامل مع كل منهما بشكل مختلف.

والخواص «خ» للعقـدة الأم عادة مـا «يتـوارثهـا» العقد الأبنـاء، وهكـذا يمكن استنباط أن الكاناري له أجنحة وجلد من الأقواس الصاعدة المعنونة «ف»:

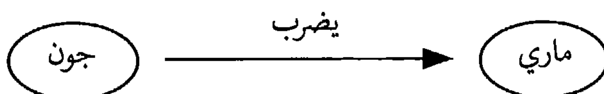


وبعض الخواص لا تنتقل بـواسطة العـلاقة «ع»؛ وهكـذا يمكن أن نستنبط من الشكل التالي أن الطـائر أبا الحنـاء بوجه عـام يدرســه علماء الطيور ولكن لا نستطيع القول إن أبا الحناء المسمى «بول» يدرسه علماء الطيور.

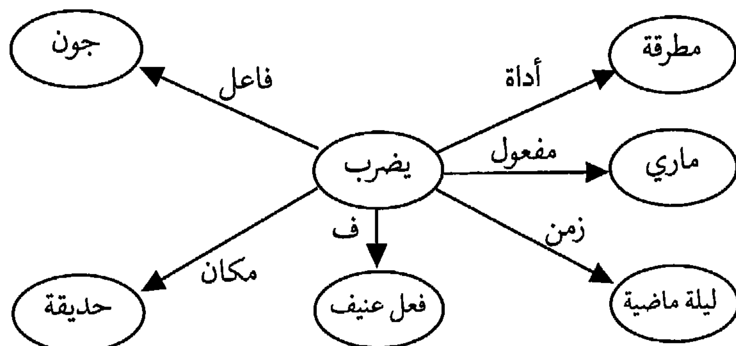


وقـد لفت وليم وودز [٢] وجاري هينـدريكس [٣] الانتباه إلى خطـورة انعدام التقنين في هـذه الصيـاغة الـرسميـة، وإلى الحاجـة لقواعـد تحكم مـا يمكن تمثيلـه بالأقواس حتى نقلل من خطـورة التوصل إلى استنتاجات زائفة نتيجـة لاتباع سلسلة من الحلقات.

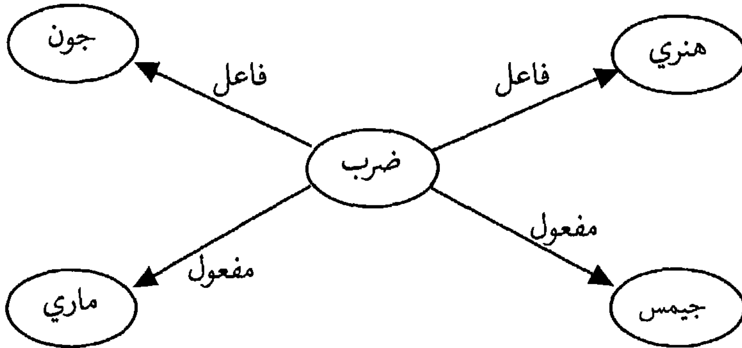
وحتى في تمثيل الجمل البسيطة تظهر المشاكل، ففي تمثيل بسيط مثل :



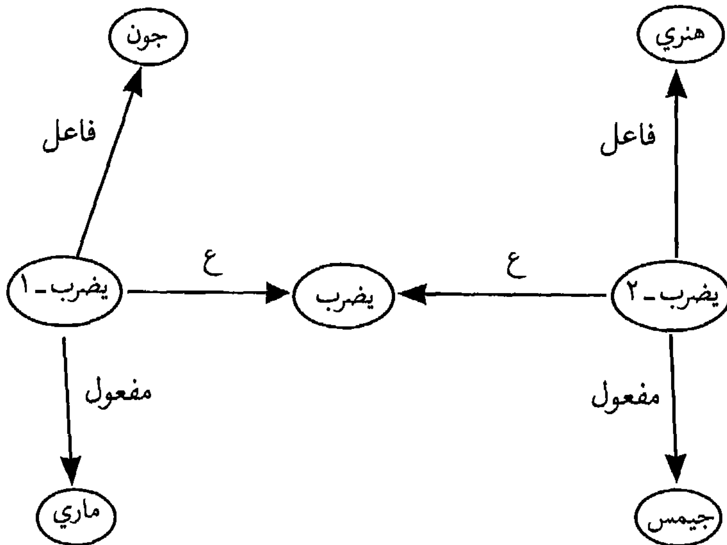
فإذا أردنا إضافة «بالمطرقة»، لا نعرف أين نضعها، ويؤدي هذا إلى فكرة أن نأخذ الفعل كمكـون رئيسي في التمثيل. وبهذا يكـون تمثيـل الجملـة «ضرب جـون مـاري بالمطرقة في الحديقة الليلة الماضية» بالشكل التالي :



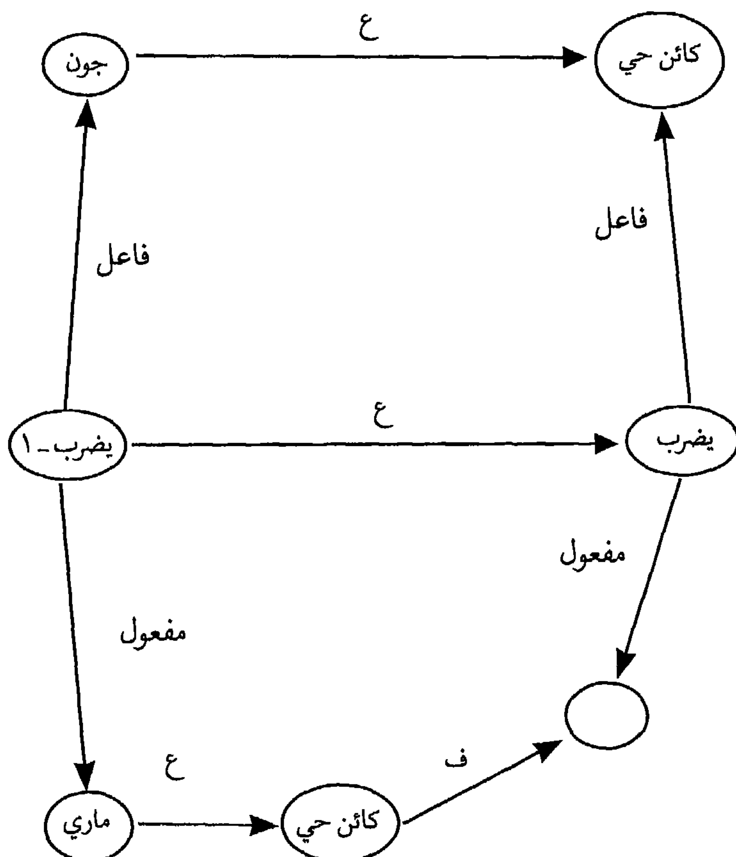
إلا أن مثل هذا الـرسم التوضيحي، غير كافٍ، بأي حال من الأحـوال، لجملة مثل «ضرب جون مـاري ولكم هنري جيمس»؛ فإذا عبّرنـا عن الجملة كما يلي، فلن يكون واضحاً من ضرب من :



ولهذا من الأفضل أن نمثل نفس الحدث بعقـدتين مختلفتين هنـا، بـالإضافـةإلى الاسم العام للحدث «يضرب» وهكذا يكون التمثيل كالآتي:

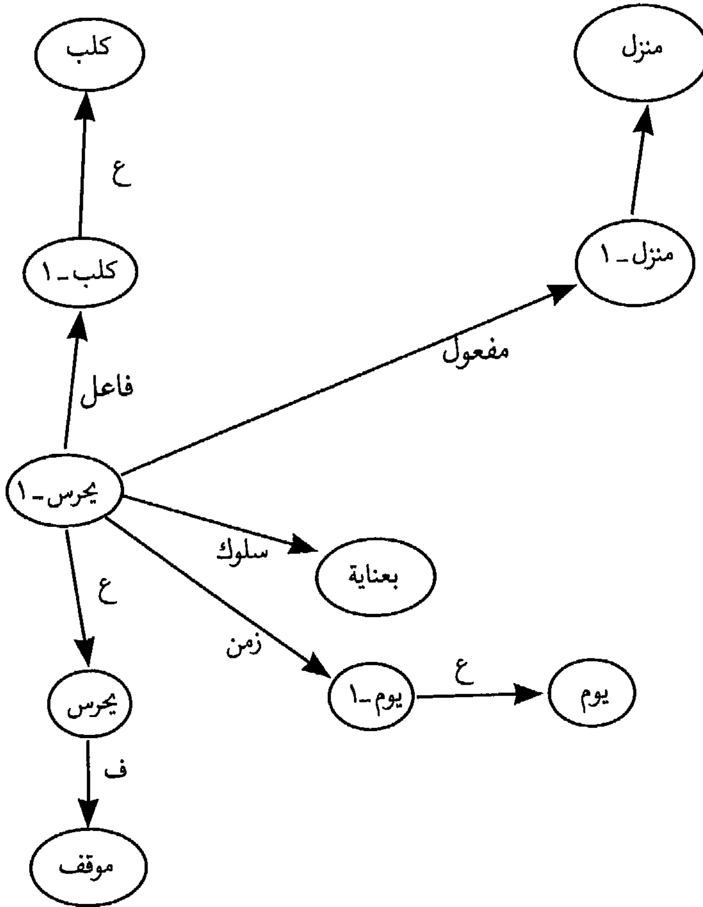


ويمكن إدخال المعلومات الخاصة بفاعل الفعل والمفعول. . إلخ ضمن المفهوم العام «يضرب»، مما يجعل اختبار صحة الجملة ممكناً. ويوضح ذلك الرسم التالي حيث تظهر الصفات العامة في الجانب الأيمن والمحددة في الجانب الأيسر:



لاحظ أننا ذهبنا من رسم نمثل فيه مفهوم «يضرب» بواسطة قوس إلى شكل آخر يظهر فيه نفس المفهوم كعقدة، وهكذا أصبح المفهوم محمولاً له عدد قياسي من

الحدود مثل الفاعل والمفعول وحدود أخرى مثـل الأداة، الزمن، المكان إذا لزم الأمر. ويشبه ذلك نحو الحالات الإعرابية لفيلمور(٤) مع اختلاف نظرته إلى الزمن حيث يمثلـه كصيغة وليس كحـالة. ويعبر الـرسم التوضيحي التـالي عن الجملة «حـرس الكلب المنزل بعناية طوال اليوم». وقد قدم سيمونز(٥) Simmons مساهمات هامة في مجال فهم اللغات الطبيعية وعلاقتها بتمثيل مثل هذه الجمل.

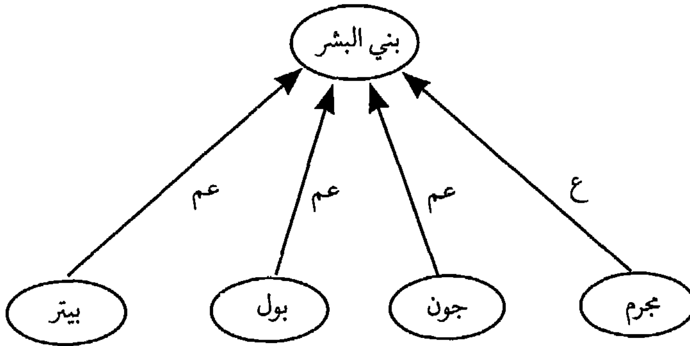


التصنيفات العامة Texonomies

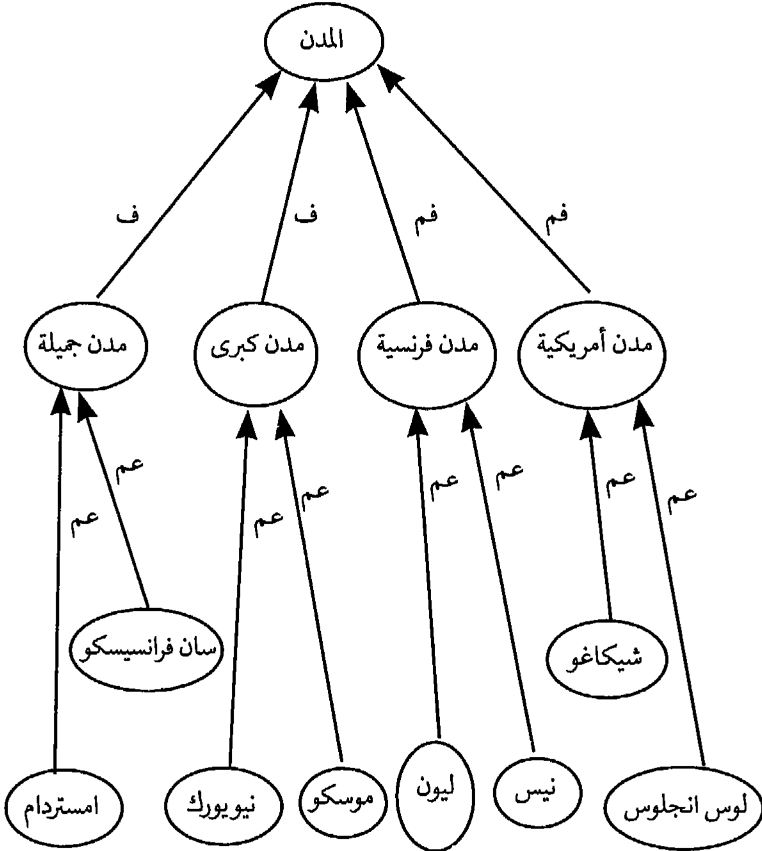
كثير من العلوم الطبيعية والتجريبية لها فروع كثيرة يمكن أن تمثل ببساطة ببناء شجرة تمثل العقد فيها المفاهيم الدالة، بينما تمثل الأقواس علاقات مثل «مجموعة فرعية من» أو «عنصر من». ويمكن اعتبار هذه الأشجار شبكات دلالية مبسطة؛ وهي في الحقيقة شبكات دلالية تنحصر فيها وظيفة الأقواس في التعبير عن العلاقات الهرمية مثل تلك التي أشرنا إليها توا، التي تستخدم بواسطة العمليات التي تتعامل مع الشبكات كميكانيكيات تحكم الوراثة، أي لنقل الخواص من العقدة الأم (الخواص العامة) إلى أبنائها (الخواص الأكثر خصوصية).

ولا تكفي العلاقات التي سبق تقديمها «عنصر من» و«مجموعة فرعية من» للتعبير عن العلاقة بين العقد الشقيقة، أي بين العقد التي لها أم مشتركة، ولهذا استحدثت علاقات أكثر تخصصاً في بعض الصيغ وخاصة في الشبكات الدلالية المجزأة partitioned semantic networks [٣] مثل عم (عنصر مباشر direct element)، وفم (فرع منفصل disjoint subset).

ويوضح الرسم التالي قيمة العلاقة «عم». فبيتر وبول وجون متورطون في تحقيق بوليسي: فقد ارتكبت جريمة والثلاثة مشتبه فيهم، ويرتبط الثلاثة بمجموعة الآدميين بواسطة قوس «عم» بينما يرتبط المجرم (غير معروف) بقوس «ع» لنبين أنه قد يكون أحد الثلاثة.



ويوضح الرسم التالي الفرق بين «ف» (مجموعة فرعية من) و«فم» (مجموعة فرعية منفصلة). فلا يمكن أن تكون مدينة ما أمريكية وفرنسية في نفس الوقت، ولكن منطقياً لايوجد ما يمنع أن تكون مدينة كبيرة وجميلة في آن واحد.

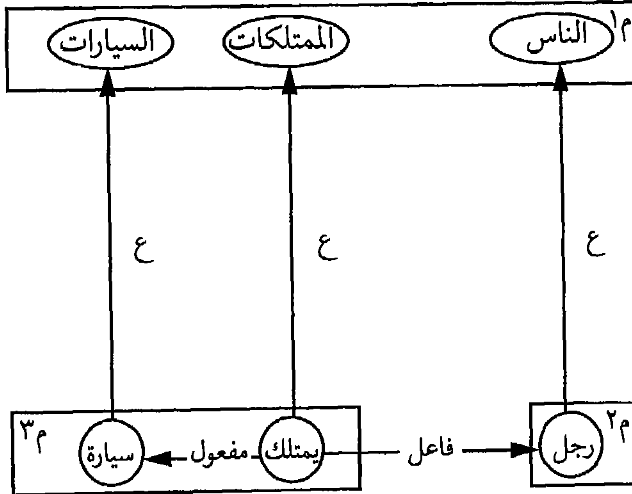


إن استخدام هذه الأنواع المتقدمة من الأقواس يزيد من قوة الشبكة، وبذلك يمكن لبرنامج أن يستنبط من هذا المثال أن ليون ليست مدينة أمريكية، ولكن لا يوجد ما يمنع البرنامج من أن يقرر أن امستردام من المدن الكبرى.

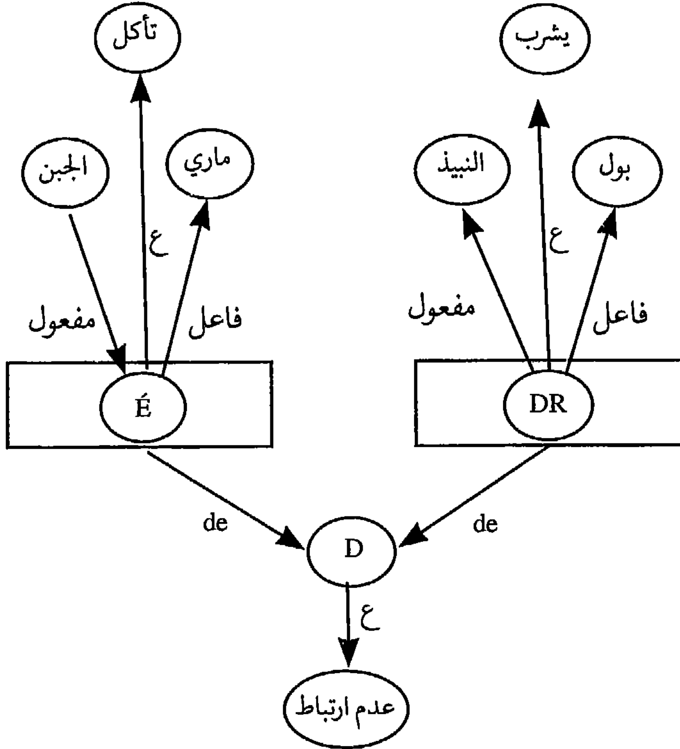
تجزئة الشبكات الدلالية Partitioning semantic networks

تسمح فكرة الشبكات الدلالية المجزأة ـ التي قدمها جاري هندركس[٣] ـ لمجموعات من العقد والأقواس أن تتجمع سوياً في مساحات مجردة لتحدد مجالاً دلالياً لعلاقات مختلفة. ويمكن أن تنتمي كل عقدة وكل قوس إلى واحد أو أكثر من هذه المساحات، كما يمكن أن يكون هناك روابط بين عقد في مساحات مختلفة، ولكن يجب اعتبار جميع هذه الروابط عابرة لحدود المساحات المختلفة. وتعرف المساحات تجزئة الشبكة.

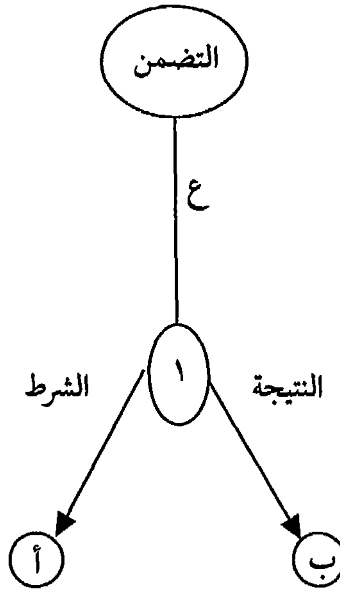
ويبين الرسم التوضيحي أدناه المأخوذ عن هندركس تمثيل عبارة «هناك رجل يمتلك سيارة»، كما يبين صفة هامة للشبكات المجزأة وهي افتراض السور الوجودي عندما تخصص بنية ما إلى مساحة من المساحات. وهنا تحتوي المساحة «م١» على معلومات خلفية، مثل معلومات عن الناس وملكية السيارات، التي قد تكون ذات فائدة في فهم الجملة. وتمثل م٢ «رجل معين ر»، والذي يقوم بدور الفاعل في الجملة. وتمثل م٣ مثالاً خاصاً للملكية وهي الترجمة لعبارة «يمتلك سيارة» إلى هذه الصور من التمثيل.



وفيما يلي مثال آخر لتجزئة جملة «يشرب بول النبيذ أو تأكل ماري الجبن»



ويمكن تمثيل النفي ـ أسوة بالانفصال ـ فتستبدل العقدة «D» بالعقدة «N» والانفصال بالنفي. ويمكن التعبير عن التضمين إما باستخدام equivalence (ا ⇐ ب) = (ب V ⌐ ا) أو كما يوضح الرسم التالي :

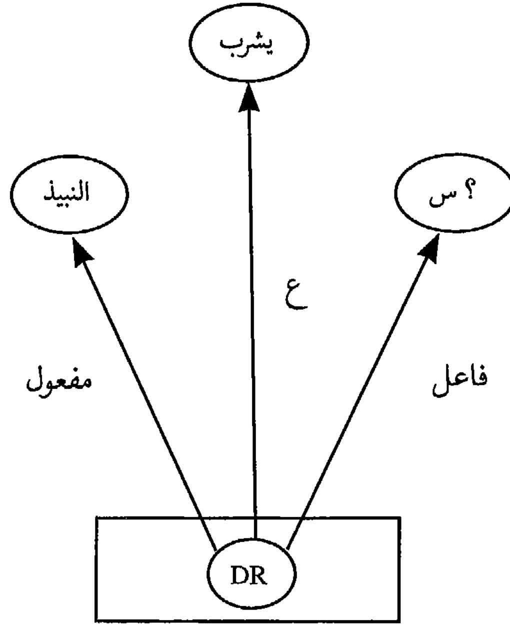


وهناك ميل قوي لاستخدام الأسوار الكلية في المعادلات المنطقية، فوفقاً لهندركس[٣] يمكن أن نكتب:

(∀x E x) p (x) < = > (v x) (member (x,X) ==> p (x))

وتكمن قوة هذه ا لمعادلة في أن أي معادلة تسوير للسور الكلي يمكن ترجمتها إلى معادلة شرطية.

ولا يوجد تمثيل خاص لاقتران القضايا المنطقية لأن هذا متضمناً. ولن يكون تمثيل الشبكات الدلالية ـ الذي أعطينا أمثلة له ـ مؤثراً إلا بقدر ما يكون هناك من برامج للحاسب قادرة على تناولها. وتعمل مثل هذه البرامج كخوارزمية توحيدية unification، بمعنى أنها تسعى لإحلال المتغيرات ـ وهي مجهولات نبحث لها عن قيمة ــ بثوابت، وهي تقوم بذلك بمقارنة السؤال بمجموعة من الجمل المتاحة. فلسؤال مثل «من يشرب النبيذ؟» والذي يمكن تمثيله كالآتي:



يجرى مقارنته بـالرسم الذي يمثل «يشرب بـول النبيذ» باستخدام تقنيـة مضاهاة التشكيـلات pattern matching، ويستطيع بـرنامج الحاسب بـذلك أن يجد الحل بسهولـة «س = بول». وهـذه العملية مساويـة تماماً لتلك التي أعطينـاها في الفصل التاسع عن المنطق من الدرجة الأولى.

وكثيراً مـا يحدث أن إجـابـة السـؤال لا تكـون متـاحـة بشكل مبـاشر، ويتطلب التوصل إليها اجتيـاز الشبكة وذلك باستخدام علاقات أو صفـات تتعلق بكيانات متضمنة. وقد قدم شوبرت(٦) Schubert ما أسماه «هيكل الاقتراب access skele-ton» لهذا الغرض، ويـوضح سؤال «هل الجامبـو فيل؟»، إننا قد نضطـر إلى اختبار اللون، والشكل، والجوهـر. . إلخ للكيان موضـع السؤال لكي نجد إذا كـانت هذه القيم الخاصة يمكن أن تصور فيلاً.

فيل	تخصص تعميم صفات جثمانية	حجم ، شكل صفات خارجية	مظهر	لون جوهر

خاتمة

لقـد استخدمـت الشبكات الـدلاليـة في بناء أنظمـة خبيرة، من بينهـا PROS-PECTOR، الـذي يهتم بـالتوقعـات الخاصـة بـاكتشاف المعـادن mineral pros-pecting (انظـر الفصل الســابع عشر)، والـذي استفـاد بدرجـة عظيمـة من هــذه التقنيـة. وقـد حـاولنـا في هذا الفصـل أن نوضـح أن قوة الشبكـات تتـزايـد بتعقـد الصياغـة. ولابد أن يكون هنـاك دائماً حل وسط بين تعقد هيكل البيانـات والبرنامج المفسر، فكلما كان الهيكل مفهـرساً جيداً، كلما كان إرشـاد المفسر أفضل. وقد أدت دراسة بنية الشبكات الـدلالية إلى زيادة استخدام أنواع من التمثيل مولـدة من قواعد الإنتاج والكيانات الهيكلية، وهما موضوعان نتناولهما في الفصلين التاليين.

وقد قـام الباحثـون في المجال بمحـاولات لجعل هـذه الصياغـة أكثر دقـة وأكثر تقنياً، نذكر منهم رونالدبراخمان [٧] Ronald Brachman، مؤلف لغة البرمجة Klone[٨]، وشـابيرو[٩] الذي أشار بـاستخدام المنطق من الدرجـة الأولى وأساساً الأسوار، وأعمال شـوبرت[١٠]، وفـالهمان [١١] Fahlman وأسلوب البنـاء الذي اقترحه للقيـام بعمليات حـاسوبيـة متوازية بـواسطة تطبيقـات مصممة بمكـونات مادية. وقد وجهت الأبحاث عن الشبكـات الدلالية باضطراد لتحسين دقة وتماسك تمثيل المفـاهيم المتصلة بـالتطبيقات العمليـة. وقـد أعطينـاهـا اهتماماً أكبر هنـا عن الأبحاث الأخرى للإمكانات الفلسفية في تمثيل المعرفة.

المراجع

(1) Quillian M. R. (1968), "Semantic memory", in Semantic Information Processing, M. Minsky (ed.), Cambridge, Mass., MIT Press, pp. 227-270.

(2) Woods W. (1975), What's in a link? Foundations for semntic networks, Representation and Understanding, Bobrow and Collins (eds.), New York, Academic Press, pp. 35-82.

(3) Hendrix G. (1979), "Encoding knowledge in partitioned networks", in Associative Networks, N. Findler (ed.), New York, Academic Press, pp. 51-92.

(4) Fillmore C. (1968), "The case for case", in Bach and Harms (eds.), Universals in Linguistic theory, Chicago, Holt, Rinehart and Winston.

(5) Simmons R. F. (1973), "Semantic networks: their computation and use for understanding English sentences", in Computer Models of Thought and Language, Schank and Colby (eds.), Freeman, San Francisco.

(6) Schubert L. K., Goebel R.G., Cercone N.J. (1979), "Structure and organization of a semantic net", in Associative networks, Findler (ed.), New York, Academic Press, pp. 121-175.

(7) Brachman R. J. (1977), "What's in a concept: Structural foundations for semantic networks", International Journal of Man-machine studies, 9, 2,pp. 127-152.

(8) Brachman R. J. (1979), "On the epistemological status of semantic

networks", in Associative networks, Findler (ed.), New York, Academic Press, pp. 3-50.
(9) Shapiro S. C. (1971), "A net structure for semantic information storage, deduction and retrieval", Advance papers of IJCAI-71, pp. 512-523.
(10) Schubert L. K. (1976), "Extending the expressive power of semantic networks", Artificial Intelligence, 7, 2, pp. 163-198.
(11) Fahlman S. E. (1979), NETL: a system for representing and using real-world knowledge, Cambridge, Mass. MIT Press.

الفصل الثاني عشر
القواعد الإنتاجية

مقدمة

استخدمت صياغة القواعد الإنتاجية في ميادين عديدة قبل ظهور الذكاء الاصطناعي بفترة طويلة؛ ومنها المنطق الرمزي لبوست[1] Post وفي بعض الخوارزميات لماركوف Markov، وفي علم اللغة لتشومسكي[2] حيث استخدمت كقواعد إعادة الكتابة* rewriting rules للتعرف على بنية جمل اللغات الطبيعية.

والقاعدة الإنتاجية هي (ازدواج ــ موقف ـ عمل)، بمعنى أنه كلما واجهنا موقفا، يطابق الجانب الأيمن من القاعدة، قمنا بتنفيذ الجانب الأيسر من نفس القاعدة. وغالبا ما يكون التنفيذ باتخاذ قرار ما، ولكن ليس الأمر دائما كذلك. إذ لا يوجد إلزام مسبق على شكل الموقف أو شكل العمل.

وعادة ما يكون للبرنامج الذي يعتمد على القواعد الإنتاجية ثلاثة مكونات:

١ ـ قاعدة القواعد المكونة من مجموعة القواعد الإنتاجية.

٢ ـ قاعدة الحقائق وتتكون من واحد أو أكثر من البيانات الهيكلية التي تحتوي على حقائق معروفة مرتبطة بمجال الاهتمام، كما يمكن أن تشمل أيضا بعض التعريفات.

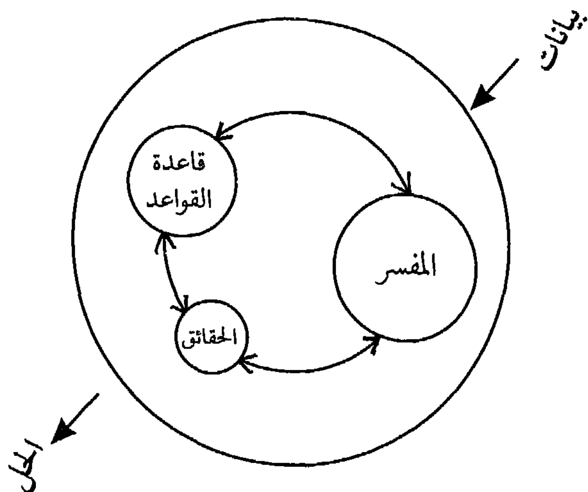
٣ ــ مفسّر هذه الحقائق والقواعد، وهو أيضا الآلية التي تحدد أي قاعدة تطبّق، وبأي ترتيب، وتبدأ العمل المناسب.

وللحقائق والقواعد تركيب معروف للمفسّر، ولهذا يستطيع معالجتها منطقيا ويتوصل إلى صدقها أو كذبها، واستخلاص حقائق جديدة أو طمس حقائق معينة. وليس هناك فرق واضح دائما بين «البيانات» و«الحقائق»، وسنعني «بالحقائق» هنا المعرفة الدائمة المضمنة في البرنامج، بينما تتعلق البيانات بموضوع

---

* قاعدة إعادة الكتابة تنص على تطابق سلسلتين من الرموز، مثال ذلك:

< المجموعة الإسمية > := < أداة > < صفة> < اسم>



محدد أو مشكلة معينة .

لم تكن فكرة فصل القواعد الإنتاجيـة عن آلية البرنامج المفسر ـ التى تسمى عادة آلة الاستنتـاج ـ دائما بنفس درجـة الوضـوح التي هي عليها الآن ، حيث يـراعي ـ أن تتخذ القواعد شكلا معلنا بقدر الإمكان حتى تسهل قراءتها إلى أقصى درجة ممكنة . فقد كانت السمة الإجـرائية هي الغالبة في كثير من برامج القـواعد الإنتاجية ، حيث تختلط قاعـدة المعرفة بطرق تفسير هذه المعـرفة . وحتى الآن توجد بـرامج تتصل فيها القواعد بطرق عمل الاستنتاجات كما تتصل بالاستنتاجات نفسها . ويشكل الفصل الـواضح بين القـواعد والمفسر تقـدمـا منهجيـا له تـأثير عميق على مفاهيم الـذكـاء الاصطناعي وعلى أدوات البحث التي طورّت حتى الآن .

وكلما كانت صيـاغة القواعـد الإنتاجية أبسط وأكثـر اتساقا ـــ كلما تحسنت قدرة البرنـامج على التعلم ، حيث يـدعـم الانتظـام كـلا من تعميم وتخصيص القـواعـد الإنتاجية . إلا أن الصياغة المفرطـة في التبسيط يمكن أن تحد من نوعية البيانات التي يمكن تمثيلها في مجال معين من مجالات المعـرفة . وليس هناك توافق مثـالي في التعقيد بين صياغة القواعد والمفسّـر ، كما ذكرنـا من قبل حول تمثيل المعرفة بواسطة الشبكات

الدلالية .

ولننظر إلى هذا المثال البسيط :

قاعدة القواعد :

قاعدة ــ ١ : إذا كان س حيوان ، وس يموء ، اذن س يكون قطا (قـاعدة واحدة فقط) .

قاعدة الحقائق :

حقيقة ـ ١ : فيلكس حيوان

حقيقية ـ ٢ : فيلكس يموء

قاعدة الحقائق بعد مسح المفسر للحقائق والقواعد :

حقيقة ـ ١ : فيلكس حيوان

حقيقة ـ ٢ : فيلكس يموء

حقيقـة ـ ٣ : فيلكس قط (وهـذه حقيقة جـديدة تـوصل إليها البرنـامج بتطبيق قاعدة ـ ١ بإحلال فيلكس للمتغير «س» س = فيلكس .

قاعدة القواعد

من المبادىء الأسـاسية في البرمجة المعتمـدة على القواعـد أن كل قاعـدة تمثل بندا مستقـلا من بنود المعـرفـة يحتوي على جميع الشروط المطلـوبـة لتطبيقها . وأول نتيجـة طبيعية تترتب على ذلك أنه لا تـوجد آلية في أي مكان آخر ـ سـوى القاعدة نفسها ـ يمكن أن تخلق شروطـا تمنعها مـن أن تطبق . وثاني نتيجـة أنـه لا يمكن لقاعـدة أن تستدعي أخرى للعمل ، بمعنى أن كل قـاعدة جاهلة بالقواعـد الأخرى ، ولا يعرف ما يحدث بالنسبة للقواعد سوى المفسّـر الذي يقوم بدور قائد الأوركسترا .

والقواعد الإنتاجية لا توضع بترتيب معين ، ويمكن ـ من ناحية المبدأ ـ أن تنشط أي منها في أي لحظة ، إنها تجمع معا ببساطة دون أي معـرفة عن كيفية استخدامها . أما ترتيب استخدامها في الحقيقة فيتقرر بواسطة المفسر طبقا لمعايير معينة سوف نقدم

بعض تفصيلات عنها في الجزء التالي عن حل التناقضـات. وقد لا يكون هناك طبعا أي استراتيجية، وفي هذه الحالة تسخدم القواعد بالترتيب الذي كتبت به.

ويمكن أن نلخّـص مزايا منهجية استخدام قـاعدة القواعد الإنتاجية في التمثيل كما يلي. نظرا لقـابليتها الكبيرة للتركيب (على هيئة وحدات متكـررة) فإنه يصبح من السهل تعـديل البرنـامج، وبذلك يمكن أن يتطـور، دون أن ينهـار التركيب الهيكلى للبرنامج بـإضافة أو حـذف أو تعديل القـواعد، ولا يحتـاج لاتخاذ احتياطـات ضد التأثيرات الجانبيـة. وبوجـه عام، كلما ازداد عدد القـواعد بـالبرنامج ــ مع افتراض صحتها بالطبع ـ كلما كانت نتائجها أكثر قوة وتفصيلا.

وبـالطبع ليست منهجية قـاعـدة القواعـد الإنتـاجية هـي الوحيـدة التي تعطي إمكانيـة التركيب، فالكيانات أو الأشيـاء الهيكلية ـ والتي نصفهـا في الفصل التالي ـ تفعل ذلك أيضا ولكن بطريقة مختلفة.

والخطر الـرئيسي الذي يجب الاحتياط منـه في البرامج ذات القابليـة للتركيب هو فقدان الاتسـاق المنطقي، لأنه بازديـاد حجم قاعدة القواعـد قد يبلغ عدد القـواعد الإنتاجية عـدة مئات، وعندئذ يصبح من الصعب مراجعة هذه القـواعد كلما أضفنا قاعـدة جديدة للتأكدمن عـدم تناقضها أو تكرارهـا لقاعدة أخرى مـوجودة. ولهذا تضم أنظمة جمع المعلومـات الحديثة آليات قويـة لمساعدة مصمم البرامج على تجنب إدخـال التضارب إلى البرنـامج (انظـر الفصل الـرابع عشر)؛ وتشمل هذه الآليـات البرامج البينية الودودة ووسائل كشف التشابهات في القواعد الإنتاجية.

تصنيف المفسرات تسلسل أمامي أم خلفي؟

Forward or backward chaining?

نستطيع أن نميـز المفسر (أو آلة الاستنتـاج) طبقا للطـريقة التي يحاول بها تنفيـذ القواعد، كنتيجة للحقائق التي يدرسها. فـإذا نظر أولا إلى الحقائق والبيانات الثابتة ليقرر ما إذا كانت تلك الحقائق تحقق الجانب الأيمن من القاعدة (المقدمة)، نقول إنه يعمل بتسلسل أمامي. أمـا إذا كان المفسر ينظر أولا إلى الأهـداف كما هي معطاة في

الجانب الأيسر من القاعـدة (الجزء التنفيذي)، ثم يحاول أن ينفذ فقط القـواعد التي بها هذه الأهـداف، نقول أنه يعمل بتسلسل خلفـي. ويعادل هذا التمييـز بالضبط حالـة مفسري الأنحاء الـذين يعملون من أسفل لأعلى المنـاظر للتسلسل الأمـامي، لأنهم يبدأون من البيانات، ومن أعلى لأسفـل المناظر للتسلسل الخلفي لأنهم يبدأون من الأهداف الممكنة.

ولم تظهـر أي من هـذه الطـرق ميزة واضحـة على الأخـرى فيما يتعلق بـالكفـاءة العامـة. ويمتاز التسلسل الأمامي بتحكم أفضـل في ترتيب البيانـات التي قد تحقق المقدمات. بينما يمتاز التسلسل الخلفي في أنه يقرّب المفسّـر من الأهداف التي يرغب في الوصول إليها، لأنه يستطيع أن يقصر تنفيذه على القواعد المتعلقة بهذه الأهداف. وعلى أي حال، فإنه من الصعب التنبؤ بالترتيب الذي تطبق فيه هذه القواعد.

وفي التسلسل الأمامي، كثيرا مـا يدور المفسر في مجموعـة القواعد ليجد القـاعدة التي سوف تطبق: ويواجه تضـاربا عندما تكون أكثر من قـاعدة مرشحة للتطبيق، وسنصف مواقف التضـارب هذه فيما بعد. والقاعـدة التي لا يمكن تطبيقها في دورة ما، قد تصبح قابلة للتطبيق في دورة تـالية، لأن الحقائق ربما تغيّـرت في ذلك الوقت كنتيجة لتطبيق قواعـد أخرى. وتعمل مفسرات OPS [٣] وSNARK [٤] بهذه الطريقة.

وفي التسلسل الخلفي يكون للمفسر دائما هـدف واضح الرؤيـة، ويقوم بـدراسة القـواعد التـي يمكن أن تقوده لهذا الهدف. وعنـدمـا يجد أنه غير قـادر على تقـويم مقدمـة إحدى القواعـد في حدود معرفتـه آنذاك، يقـوم بوضع هذا التقـويم كهدف جديد، ويستمـر بهذه الطريقة حتى يصل إلى بيـــانات معـــروفة؛ ويعـــمل EMYCIN [٥] بهذا الطريقة مع إمكانية إضـافة بعض روابط أمامية: يمكن تذييل بعض القواعـد بحيث تنشط بمجرد تحقق شروط معينة، ولكن لا تمد نتائجهـا لأكثر من خطـوة واحدة للأمـام. ويسمح 'PROSPECTOR' [٦] بمزج الصيغتين: يتطلب ذلك أن يدخل المستخدم بيانات أولية ويتوصل منها إلى ترتيب الأهداف التي يجب التوصل إليها بـالاستنباط الأمامي، وبعد عرض قائمـة الأهداف المرتبة، يسأل

أي هدف يجب أن يحقق أولا.

الآلة «المغلقة» أو الحوار الموجه.

“Closed”engine or guided dialog.

تقوم البرامج الأقل تقدما بقراءة البيانات في بداية دورة التحاور session، وتؤدي العمليات المنطقية عليها، ثم تعطى النتائج، بدون الإستفادة من الإمكانيات التفاعلية التي يقدمها الحاسب. وهذا هو ما أسميه الآلة المغلقة.

وفي المستقبل ستحتاج جميع الأنظمة الخبيرة التي تستخدم صياغة القواعد الإنتاجية إلى بعض القدرة على فهم اللغات الطبيعية، بحيث تكون قادرة على التحاور مع مستخدميها بسهولة. ولا شك أن أول خطوة في هذا الاتجاه هي تزويد البرنامج بالقدرة على أداء حوار بلغة طبيعية، مع توقع البرنامج أن يكون محتوى الردود التي يحصل عليها قاصرا على موضوع السؤال المطروح، لذلك لا يحتاج إلى القيام بتحليل معقّد لهذه الإجابات. ويمكن تحسين أسلوب التحاور بالسماح للمفسر باستكمال السؤال كلما وجد أنه يحتاج إلى معلومات أكثر، بدلا من أن يراجع باجتهاد قائمة ثابتة. وينتج عن هذا حوار يمكن أن يعد ذكيا، لدرجة اعتبار السؤال الذي يطرحه البرنامج دليلا على «رأيه» في المعلومات المتوافرة لديه، و«إدراكه» أن شيئا ما ناقص.

استراتيجيات حل التضارب Strategies for conflict resolution

يشير إصطلاح «حل التضارب» إلى سلوك المفسر عندما يكون عدد من القواعد قابلة للتطبيق، ويتعين عليه عندئذ أن يقرر ما إذا كان يطبقها بترتيب معين، أو إذا كان يطبق كل ما هو قابل للتطبيق أم يطبق فقط بعض الاختيارات.

وتفرض مشكلة ترتيب القواعد نفسها على مستويات عديدة. فعلى المستوى الأعلى Top Level يمكن للبرنامج تحديد الترتيب الذي تطبق به القواعد، ومن المبادىء الشائعة في البرامج التي تستخدم درجات الترجيح، ترتيب القواعد ترتيبا تنازليا طبقا لقوة المقدمات أو النتائج. كما يمكن أيضا ترتيب القواعد يدويا، أثناء

إدخالها البرنامج، ولكن ذلك غير مستحب منهجيا، لأنه يضعف من قابلية البرنامج للتغير، وهي ميزة قيمة للأنظمة الصورية. ومع ذلك، قد يكون لمصمم البرنامج أسباب وجيهة لعمل ذلك في حالات خاصة عندما لا تأخذ كفاءة البرنامج أسبقية على قدرته على التطور. ولكن مبدأ القابلية للتغير يظل هدفا صالحا، حيث يمكن لأي قاعدة أن تحفز بعد تطبيق قاعدة أخرى.

ولا تتأثر القابلية للتغير إذا قام البرنامج نفسه بترتيب القواعد، فالبرنامج في هذه الحالة هو الذي يحدد الترتيب الصحيح لكل قاعدة جديدة. ولا يكون هذا الإجراء قيّما إلا إذا كان اختيار القواعد القابلة للتطبيق في مرحلة ما ليس ناتجا عن بحث مستفيض، ولكن عن طريق أخذ درجة الأهمية في الاعتبار، ويمكن اعتبار مثل هذه الاستراتيجية «سلوكا ذكيا»، لأن اختيار المعيار الذي على أساسه يتخذ القرار ينطوي على عملية استدلالية أكثر تعقيدا من البحث الأعمى لكل الاحتمالات ـ آخذين في الاعتبار أن أحد معايير الذكاء هو القدرة على معالجة التعقيد عندما يكون التعقيد ضرورة، ولنسترجع قول أينشتين الشهير «يجب أن تبسط الأشياء بقدر الإمكان، ولكن ليس أكثر من اللازم».

وعلينا أن نكون متيقظين دائما لمخاطر استراتيجيات البحث غير المستفيض عندما لا تكون المعلومات مؤكدة ١٠٠٪، حيث يتكرر التضارب بين مواد البيانات، ويستحيل التعرف على البيانات الخطأ. فإذا قبلنا مثلا خرجا من الحاسب مثل «تشخيص ١٢ د ينطبق» لمجرد أن درجة احتماله تفوق حدا معينا، بدون اختبار جميع البيانات، فنحن نفتح الباب في هذه الحالة لخطر وصول بيانات أخرى تؤثر على درجة احتمال هذا التشخيص وتؤدي لهبوطه إلى ما دون هذا الحد. وسوف ننظر في هذه المشكلة في حديثنا عن برنامج LITHO (الفصل السابع عشر) لتفسير البيانات الجيولوجية، عندما لا نستطيع أن نكوّن ثقة كاملة في المعلومات المتوافرة.

ومن المعايير الأخرى لترتيب القواعد، إعطاء الأولوية للقواعد التي تكرّر استخدامها أكثر من غيرها؛ وفي الحالات التي تترجم فيها الإحصائيات التى توضّح تكرار الاستخدام النسبي لكل قاعدة، يكون ذلك ذا قيمة في التنبيه إلى القواعد التي

يمكن أن «تنسى» لأنها لم يستخدم أبدا. إلا أن هذه الطريقة تفشل في التمييز بين حالتين. فبعض القواعد نادرا ما تستخدم، لأن المواقف التي تستدعي تطبيقها نادرا ما تحدث: ولكن يجب الاحتفاظ بها رغم ذلك، لأنها تمثل الحالات الخاصة التي حققت شهرة لأخصائي معين. والقواعد الأخرى التى قلما تستخدم وربما لا تستخدم أبدا لأنه أسيء التعبير عنها أو لأنها عديمة الفائدة، لأن نتائجها مثلا لا تستخدم إطلاقا. وسيكشف التمحيص الدقيق والمفصل للطريقة التى ترتبط فيها القواعد بالعمليات الاستدلالية هذا النوع الثاني من القواعد، والتى يمكن عندئذ حذفها من البرنامج.

هل يسمح أو لا يسمح بالمتغيرات المسورة؟

Does or does not allow quantified variables?

احتوى الفصل التاسع على تفرقة هامة بين حساب القضايا وحساب المحمول. وتأتي القوة الإضافية لمنطق الحساب المحمول من استخدامه للمتغيرات المسورة: لذلك فإن القضية القائلة «كل طائر له منقار»، يمكن التعبير عنها بلغة حساب المحمول لمنطق الدرجة الأولى، وليس بحساب القضايا؛ لأنه يتطلب أن نذكر بوضوح أن كل طائر محدد له منقار.

ويمكن أن يكون حساب القضايا كافيا في الحالات الكثيرة التي يقتصر النظر فيها إلى كينونة entity منفردة وإلى خواصها، وهذا هو الحال في كثير من الأنظمة الخبيرة اليوم، حيث تكون الكينونة المنفردة هي المريض مثلا (في برامج التشخيص الطبي أو بئر (في برنامج جيولوجي). ومع هذا قد تنشأ حاجة لاستخدام المتغيرات، فقد نحتاج لمناقشة تفصيلات، فمثلا في حالة البئر تقسيمه إلى عدة مناطق على أعماق مختلفة. ومثال آخر، فلنفترض أن برنامجا «يعرف» قانون (أوم) V = RI Ohm والذي كلما كان لديه قيمة متغيرين اثنين يقرر أن يحسب قيمة المتغير الثالث. وتوضح المقارنة التالية بين تمثيل الحساب المحمول وحساب القضايا فرق القوة بين

هاتين الصياغتين :

حساب القضايا	حساب المحمول
قاعدة ـ ١ • إذا كانت V معلومة ، R معلومة	توجد معادلة م ، وبها
وI غير معلومة	إذا كانت س غير
إذن احسب I = V / R	معلومة ، وص ، وع
قاعدة ـ ٢ : إذا كانت V معلومة ، I معلومة	معلومتان
وR غير معلومة	إذن احسب س باستخدام
إذن احسب R= V / I	م ، وص ، وع
قاعدة ـ ٣ : إذا كانت I معلومة	المعادلات
وR معلومة وV غير معلومة	V = RI
إذن احسب V = RI	P = VI...etc

القدرة على ضم بنود معلومات غير مؤكدة

يتميز الجزء الأكبر من الاستدلال الإنساني بطبيعته الاستقرائية ؛ فعادة ما تدفعنا مجموعة من الملاحظات إلى تبنى افتراض ما ، ثم يتوفر لنا ملاحظات أكثر ، فيؤدي ذلك إما إلى تزايد ثقتنا في هذا الافتراض ، أو إظهاره لنا بأنه غير صالح . وتسمح صياغات القواعد الإنتاجية بإدخال فكرة الثقل ، لتوضح مدى الثقة التي يمكن أن توضع في النتائج المؤقتة (أو المشروطة) . وعادة ما يطلق على هذا الثقل الاستحسان : لقد تجنبت هنا استخدام كلمة «احتمال» نظرا لما لها من معنى إحصائي معين ، وكذلك لأن الاستحسان لا يكون عادة موضوعيا ، ولكن يمثل عادة خبرة الخبير في مجاله والذي قد يعطي ثقلا لأحداث نادرة رغم عدم توافر معلومات إحصائية لديه عنها .

مثال بسيط (لكنه محدد)

يستخدم المثال التالي إحدى قواعد القواعد التي تصف حيوانات عددة أو

أصنافا من الحيوانات طبقا لخصائص معينة، ويهدف البرنامج إلى التعرف على الحيوان أو الحيوانات التي ينطبق عليها وصف معين. وتعمدنا أن تكون قاعدة القواعد المستخدمة ناقصة وغير كاملة، لكي نبيّن إمكانيات التحسين في مثل هذه البرامج، وفي نفس الوقت، فإن البرنامج ليس واقعيا إلى حد ما، فالنتائج التي يتوصل إليها ليست في الواقع مؤكدة تماما، إذ يجب أن يكون هناك طرق تأخذ في الاعتبار الثقل الذي يمكن أن يمثّل درجة استحسان البيانات المختلفة. ولسوء الحظ، فإنه من الصعب تقديم الأمثلة الواقعية والمشوقة التي تستخدم استنتاجات ضعيفة، لأنها سريعا ما تتطلب الرجوع إلى قواعد كثيرة مرتبطة بالنتائج.

ويحدد المثال قاعدة من القواعد، وخوارزمية تعرف المفسر، والحقائق الأولية. وننصح القارىء الذي له اهتمام بعلم الحيوان أن يراجع أعمالا جادة أخرى في هذا الموضوع.

قاعدة القواعد

ق ـ ١ : إذا رضع صغير فهو ثديّ

ق ـ ٢ : إذا كان له ريش فهو طائر

ق ـ ٣ : إذا كان له فراء أو ثدييّ فهو يعيش بالغابة

ق ـ ٤ : إذا كان طائرا، ولا يطير، ولا يعيش بالغابة، فهو بطريق

ق ـ ٥ : إذا كان يعيش بالغابة، وثقيل جدا، فهو دب

ق ـ ٦ : إذا كان ثقيلا جدا، وثدييّ، فهو حوت

المفسر

١ ـ تعرف على جميع القواعد التى تكون المقدمات فيها صادقة (مضاهاة التشكيلات).

٢ ـ إذا انطبقت (١) على أكثر من قاعدة، تجاهل أي قاعدة تكرر خاصية

معروفة من قبل (فك التضارب).

٣ ـ أد العمل المطلوب بواسطة القاعدة صاحبة أقل رقم تسلسلي، إذا لم تجد مثل هذه القاعدة، توقف.

٤ ـ كرّر.

الحقائق الأولية

حقائق: (صغار ـ رضع، ثقيل جدا)

أهداف ممكنة: (دب حوت بطريق)

إن الاستراتيجية المعطاه للمفسر هي أبسط استراتيجية يمكن تخيلها: فهو يستعرض قاعدة القواعد باستمرار، ويختار قاعدة ليطبقها (مع مراعاة شرط الاّ تؤثر تلك القاعدة على نتيجة سبق التوصل إلى صحتها)، ويبدأ العمل المطلوب.

وتنطوي العملية على عدد من التكرارات iterations لخطوات الخوارزمية.

تكرار ـ ١: قاعدة ـ ١ هي الوحيدة القابلة للتطبيق، وهي تضيف «ثديي» إلى قاعدة الحقائق فتصبح:

حقائق = (صغار ـ رضع، ثقيل جدا، ثديي)

تكرار ـ ٢: قواعد ١ و٣ و٦ قابلة للتطبيق، قاعدة ـ ١ تستبعد لأنها تكرر صفة معروفة من قبل، تختار قاعدة ـ ٣ لأنها ذات الرقم الأصغر في التسلسل. ويعطي هذا:

حقائق = (صغار ـ رضع، ثقيل جدا، ثديي، يعيش بالغا به)

تكرار ـ ٣: قواعد ١ و٣ و٥ و٦ قابلة للتطبيق. تستبعد القاعدتان ١ و٣ وتختار قاعدة ٥ للتطبيق، ويعطي هذا:

حقائق = (صغار ـ رضع، ثقيل جدا، ثديي، يعيش بالغابة، دب)

تكرار ـ ٤: تنفذ قاعدة ـ ٦، التي تأخر تنفيذها طويلا، ويتوقف البرنامج، وتكون النتيجة كما يلي:

حقائق = (صغار ـ رضع، ثقيل جدا، ثديي، يعيش بالغابة، دب، حوت).

ونلاحظ فورا أن لدينا حيوانين مختلفين تنطبق عليهما الأوصاف الأولى وذلك لأن قاعدة القواعد لا توفر تمييزا منطقيا كافيا، ومن الواضح أن وصف الحوت ناقص جدا. وعلاوة على ذلك فمن المحتمل وجود ثدييات أخرى بخلاف الدب، ثقيلة جدا وتعيش بالغابة، ولذلك يجب أن يكون هناك قواعد للتعرف عليها. وقاعدة ـ ٦ هنا هي المسؤولة عن النتيجة الغامضة، وكل ما نحتاجه لإزالة الغموض، هو إضافة مادة جديدة في مقدمة القاعدة كالآتي:

قاعدة ـ ٦: إذا كان ثقيل جدا، ويعيش في الماء فهو حوت

وإذا أجرينا هذا التغيير، ثم أعدنا تشغيل البرنامج، فإن الاختلاف الوحيد سيكون في أن قاعدة ـ ٦ لن تنفذ، وبالتالي يكون الحل الوحيد النهائي هو «دب». وقاعدة ـ ٣ ليست صحيحة تماما (للأسباب التي ذكرناها توا) ويجب أن تتغير.

والدرس الذي يجب أن نتعلمه من هذا المثال هو أنه يمكن تعديل سلوك البرنامج بتعديل (وتطوير) المعرفة المعلنة به، باستخدام برامج التنقيح editors الموجودة في جميع اللغات العليات للبرمجة، دون الحاجة للبحث عن تعليمات مختبئة في أعماق البرنامج، وهو ما يواجهنا في البرامج التقليدية غالبا.

استخدام مقاييس الاستحسان في الاستدال غير المؤكد

Use of plausibility measures in uncertain reasoning

لا تناسب الطرق الاستنباطية مشاكل الحياة الواقعية جيدا، لأن البيانات عادة ما تكون غير مؤكدة، وكذلك الاستنتاجات، التي تعكس وجهة نظر الخبير غالبا ما تكون عرضة للشك. وقد طورت عدة طرق لأخذ هذه المجهولات uncertainties في الاعتبار بواسطة مقاييس مرتبطة بالاستنتاجات المستحسنة لهذه المجهولات، وتتساوى هذه الطرق المختلفة في أنها تتفق بشكل عام في درجات الاستحسان التي تعطيها للبيانات، حتى لو اختلفت فيما بينها اختلافات بسيطة حول النتائج

التفصيلية .

وسنصف هنا الطريقة المستخدمة في برنامج EMYCIN [٥] وهو أداة من أدوات بناء بـرامج الأنظمة الخبيرة؛ واستخدم في بـرنامج MYCIN للتشخيـص الطبـي، وهنـاك الكثير من الدراسـات المقـارنة الجيـدة عن الـطرق المختلفـة منها دراسـات إدوارد شـورتليف [٧] Edward Shortliffe وبـروس بوكـانان وديـك دودا (٨) Bruce Buchanan and Dick Duda وهنري بريد [٩] Henry Pradc .

وتنبني هذه الطريقة على تحديد درجة احتمال أو مصداقية لكل بيان من البيانات وتتراوح هذه الدرجة بين ١ (تعني الثقة التامة بمعنى أن البيانات صادقة بالتأكيد) و ـ ١ (وتعني أن البيانات كـاذبة بالتأكيد)؛ ويمثل الصفر عدم التـأكد التام. وتتخذ قيمة ٢ , ٠ الحد الـذي إذا تعدتّـه البيانـات؛ يكون مـن المعقول اعتبـارها صـادقة، وتتخذ ٢ , ٠ ـ الحد الذي إذا نزلت عنه البيـانات، يمكن اعتبارها كاذبة. ونعبر عن احتمالية قضية أو بيان أ بالشكل التالي ح (أ)؛ وعلى هذا فإذا كان عندنا قاعـــــــدة أ > ب، التي سيكون لمصداقيتهـا قيمة معينة likelihood value، وكانـت درجة الاحتمال ح (أ) = ٣ , ٠ مثلا، فـلا يمكن أن تكون درجة احتمال ب في هذه القـاعدة أكبر من ٣ , ٠

المقدمات غير المؤكدة. لنفترض أن لدينا قاعدة ر:

إذا كان أ و ب و ج ======> د

بدرجة مصـداقية ح (ر) = ٨ , ٠، ح (أ) = ٤ , ٠، ح (ب) = ٦ , ٠، ح (ج) = ٧ , ٠ تكون درجـة مصداقية مقدمـة القاعدة (أ، ب، ج المترابطة بـالوصل المنطقي) كالآتي:

ح (مقدمة) = أقل ((ح (أ)، ح (أب)، ح (ج)) = ٤ , ٠

وبذلك تكون قيمة مصداقية النتيجة، باستخدام ر هي:

ح (د) = ٨ , ٠ × ٤ , ٠ = ٣٢ , ٠

ضم مواد المعلومـات. لنفترض أن بيان «د» له قيمة مصـداقية أولية ح (١)، ثم

توافرت معلومات أكثر فجعلت مصداقيته ح (٢)؛ يحسب EMYCIN المصداقية الناتجة حسب الآتي:

أولا: ح = ح (١) + ح (٢) − ح (١) . ح (٢) إذا كان ح (١) وح (٢) بالموجب

ثانيا: ح = ح (١) + ح (٢) + ح (١). ح (٢) إذا كان ح (١) وح (٢) بالسالب

ثالثا ح = $\frac{\text{ح ١ + ح ٢}}{\text{١ ـ الأدنى (اح ، ا، اح ، ١٢)}}$ إذا كان ح (١) وح(٢) لهما إشارات مختلفة

وهكذا فالمصداقية الأولية قد تزيد أو تنقص بتوافر معلومات جديدة.

ولا تتعدى القاعدتان (أولا) و(ثانيا) كونهما ببساطة امتدادا لمعادلة الاحتمالات المركبة للسماح بالقيم السالبة. ومبرر القاعدة (ثالثا) هو أنها تزيد الفرق بين القيم الموجبة والسالبة. وقد كان من المعتاد في هذه الظروف استخدام الجمع البسيط ح=ح(١) + ح(٢). وقد علقت المجموعة العاملة ببرنامج EMYCIN أنه إذا كان لدى الفرد خمسة أسباب للاعتقاد أن ح (E) = ٠,٩ (ومنها ينتج أن قيمة المصداقية تكون ح (E) = ٠,٩٩، بتطبيق قاعدة (أولا) أربع مرات)، وسبب واحد للاعتقاد أن ح (E) = − ٠,٩، فيعطينا الجمع البسيط ٠,٠٩، بمعنى أن السبب السالب الوحيد قد ألغى في الواقع جميع الأسباب الأخرى، وتعطي المعادلة الجديدة نتيجة مختلفة تماما:

ح = (٠,٩٩ − ٠,٩٠)/(١ − ٠,٩٠) = ٠,٩٠

وهكذا يتأكد الفرق بين القيم الموجبة والسالبة في حدود ١.

ويجب أن يلاحظ هنا التالي:

أ ـ أن قيمة الثقل أو الاستحسان أو المصداقية التي تعطى للاستنتاجات هي قيمة عددية يعطيها خبير المجال، وقد يكون هناك مبررات إحصائية لهذه القيم، ولكنها تعبر في حالات كثيرة عن خبرة ودراية الخبير وليس لها أساس إحصائي.

ب ـ أن المعادلـة السابقة لتجميع قيم الاستحسانات هي تمثيل تقـريبي للأحكام الذاتية، وليس لها مبررات رياضية.

وقد يكون هناك أناس قليلون ممن ـ عنـد مواجهة الحاجة لاتخاذ قرار ـ لا يضعون نقاطا ضـد أو لصالح القرار الذي هـم بصدده، ثم يتخذون القرار بنـاء على القائمة الأكبر. أنـه ذلك النوع من التفكير المنطقي الـذي نحاول محاكـاته هنـا، مع إضافـة إمكانية إعطاء ثقل مختلف لكل من المعايير المطروحة.

وهناك طريقة أخـرى لمعالجة هذه المشكلة تأخذ في اعتبارها عـدم دقة البيانات، وتستخدم هذه الطريقة فكرة «المجموعة الغامضة» Fuzzy set التي طرحها زاده Za-deh (١٠). وكما يدل الاسم، فالمجموعة الغامضة هي تلك المجموعة التي ليس لها حـدود واضحة، والتي يكـون التغيير فيهـا لكيان مـا من حالـة العضـوية إلى عـدم العضـوية بشكل تـدريجي؛ مثل مجموعـة النسـاء الجميلات أو مجمـوعة السيـارات الصغيرة أو خاصيـة الشباب. والـذي يحدد درجة عضويـة فرد أو شيء إلى مجمـوعة غامضة هي وظيفة Function لقياس مدى عضويته فإذا افترضنا وجود مجموعة من كبار السن ولنسميها ك وس تمثل عمر الشخص المراد قيـاس درجة عضويته وظ هي الوظيفة التي تقيس ذلك، فيمكن أن نقول:

ظ م (١) = صفر إذا كان العمر سنة تكون درجة عضويته صفر

ظ ك (٢) = صفر

ظ ك (٣) = صفر

ظ ك (٤) = ١ , ٠ إذا كان عمر الفـرد أربع سنوات تكون درجة عضـويته واحد من عشرة

ظ ك (٢٠) = ٣ , ٠

ظ ك (٥٠) = ٧ , ٠

ظ ك (١٠٠) = ١

وكما يلاحظ القارىء طبعا، فإن فكرة الشباب أو كبر السن تعتمد كثيرا جدا على

شخصيـة المتكلم، وإعطـاء قيمـة دون أخـذ السيـاق في الاعتبـار لا شك أنـه أمـر تحكمي، فالأكاديمي الشاب أكبر كثيرا من «الجبنة القديمة».

وقد طبق مفهـوم المجموعة الغـامضة في عـدة برامج، في الطب [١١]، وفي جيولـوجيا المعـادن حيث يشمل نظام الخبير PROSPECTOR [٦] في عملية الاستدلال التقريبي درجـات لعدم التأكد من صحة الحقـائق كما يشمل أيضا المدى الذي تبتعد به قيمة معينة لصفة ما عن القيمـة العامة التي يقبلها البرنامج لتميز هذه الصفة عن غيرها. ولا يعتبر هذا النهج غريبا في مجال الطب: فبينما يكون هناك مدى «طبيعي» لضغط الدم مثـلا، يمكن اعتبار قيمـة ضغط الدم لمريض ما خـارج هذا المدى الطبيعي، ومع ذلك تقبل «كطبيعية» في ظروف معينة.

المراجع

(1) Post E. (1943)," Formal reductions of the general combinatorial decision problem"American Journal of Mathematics, 65, pp. 197-268.

(2) Chomsky N. (1957), Syntactic structures, La Haye, Mouton.

(3) Forgy C., McDermott J. (1977) OPS a domain-independent production system language, IJCAI 77, pp. 933-939.

(4) Lauriere J. L. (1982), Representation des connaissances, RAIRO/ TSI Vol. 1, No. 2, pp. 109-133.

(5) Van Melle W. (1980), A domain-independent system that aids is constructing knowledge-based conclusion program, Stanford Heuristic Programming Project memo, HPP-80-22.

(6) Duda R., Gasching J., Hart P. (1979), Model design in the Prospector consultant system for mineral exploration, in Expert Systems in the microelectronic age, Michie (ed.), Edinburgh, University of Edinburgh Press.

(7) Shortliffe E. H., Buchanan B.G. (1975), A model of inexact reasoning in medicine, Mathematical Biosciences 23, pp. 351.379.

(8) Buchanan B.G., Duda R.O. (1982), Principles of rule-based systems, Stanford University technical report, HPP-82-14.

(9) Prade H. (1983), A synthetic view of approximate reasoning techniques, IJCAI-83, pp. 130-136.

(10) Zadeh L.A. (1978), Fuzzy sets as a basis for a theory for possibil

ity, Fuzzy sets and systems, New York, North Holland.
(11) Sanchez E., Soula G. (1983), Possibilistic analysis of fuzzy modelling in medicine, in Modelling and data analysis in biotechnology and medical engineering, Vansteenkiste and Young (eds.), Amesterdam, North-Holland Publishing Company.

الفصل الثالث عشر

الكيانات الهيكلية

«. . . كنت في منتصف الطريق بين استيعـاب المفهوم العام للحصـان والتعرف على حصان بعينـه؛ وعلى أي حال، استمـددت معرفتي بـالحصان بشكل عـام من خطوط عـريضة مميزة، فأنت إذا شاهـدت شيئا من بعيد، ولم يكن لـديك فكرة عن مـاذا يكون، فقـد تقنع بأن تصفه بأنـه مجرد شبح. وعندمـا يقترب منك يمكنك أن تقـول إنه حيـوان، مع أنك لا تستطيع أن تحدد إذا كـان حصانـا أم حمارا، وعندمـا يقترب منك أكثـر تستطيع أن تقول إنه حصـان، إلا أنك لا تستطيع أن تقـول ما إذا كان بـرونل أم فافل. عنـدما يصبح قـريبا بما فيه الكفـاية تستطيع فقط أن تقـول إنه برونل ـ بمعنى أنك تستطيع أن تقول إنـه حصان بعينه وليس حصـانا آخـر، أي إنه حصان تعرفه باسمه». أمبرتو ايكو [١] Umberto Eco

مقدمة

نبع استخـدام الكيانـات الهيكليه كـوسيلة من وسـائل التمثيل من العديـد من الأفكار التي ولدتها اتجاهات بحثية مختلفة. وقد سميت هذه الكيانات بأسماء مختلفة عديدة نذكر منها ما يلي:

ـ «الأوصاف المنطقيـة الشاملة» schemas، ذكرها العـالم النفسي بارتليت Bartlett [٢] في أبحاثه عن الذاكرة.

ـ «الإطـارات»، كما وردت في بحـث مينسكي [٣] عن عملية فهم اللغات الطبيعية والمرئيات، ثم في عدة لغات برمجة مثل FRL [٤] وUNITS [٥].

ـ «السينـاريـوهات» لـروجـر شـانك وابيلسـون [٦] في وصفهما للعلاقات بين الأحداث في المواقف المقننة (انظر الفصل الثامن).

ـ «النماذج» Prototypes أو «الوحـدات» Units في لغـة البرمجة KRL لبوبـرو ووينوجراد [٧] الذي استخدم عمل روش Rosch [١٩] في تصنيف المفاهيم.

ـ «الكيانـات» Objects في كثير من لغات البرمجة، مثل SMALLTALK [٨] وLOOPS [٢٠] وFLAVORS [٩] وORBIT [١٠] وFORMES [١١] وMERING [١٢].

وسوف أستخدم مصطلح «كيان» object، لعدة أسباب؛ أولها أنه عـام بدرجة كافية تغطي الدلالات الأخرى، وثانيا لأن المصطلح المنافس «إطار»، رغم أنه كثيرا ما يستخدمه الباحثون الأمريكيون، فقد كثيرا من غنى المعنى الذي كان له عندما اقترحه مينسكي أولا.

خواص الكيانات الهيكلية

سنقدم أولا عددا من المصطلحـات التقنية الشائع استخدامهـا في هذا المجال. كل كيان له عـدد من الصفات المميزة attributes، وهي أسماء الخواص التـى تحدد الكيان؛ فالـدائرة مثلا لها مركز ونصف قطر، والتفاصيل الشخصيـة للإنسان تشمل الاسم، والعمر، والجنس، والعنوان، والمهنة. ويمكن أن يكون لكل صفة مميزة عدد من السطيّـــحات FACETS المتمايزة، سيكـون بعضها قياسيـا: يمكن أن يكون أحدها مجموعة من القيم الممكنة التي قـد تأخذها الصفة المميزة، وبعضها يمكن أن يكون البدائل الافتراضيـة التي يمكن أن تتخذ عند عدم تحديد قيمـة الصفة المميزة، فيمكن مثلا للكيان «سيارة» ان يكون له صفـات مميزة مثل «السرعة القصوى» الذي قد يكـون قيمة افتراضية تتراوح بين ٧٠ و ١٢٠ ميلا في السـاعة. ومن الممكن وضع كيان مـا في نقطة معينـة من سلم هرمي مع كيـانات أخرى أعلى وأدنـى منه في ذلك السلم الهرمي مـوحية بقدر أكبر أو أصغـر من العموميـة، وهكذا يكـون الطائر أقل عمومية من الحيوان، ولكنه أكثر عمومية من الكناري.

ويمكن اعتبـار الكيـان الهيكلي كنمـوذج، يقــارن بـه الأمثلـة الأخـرى الجاري دراستها، وتظهر هذه المقـارنة بعض الاختلافات رغم وجود خـواص عامة مشتركة، وقد تكون هـذه الاختلافات استثناءات حقيقية للنموذج ــ مثل النعامة فهي لا تطير

رغم كونها طـائرا، وقد تكـون هذه الاختلافـات تعبيرا عن التفاصيل الـدقيقة التي لم تتوفر في النموذج الذي اقتصر على الصفات العـامة. وقد استخدم هذا النوع الأخير وهو مقارنـة الشيء بالنموذج في التشخيص الطبي: فتتفق مثلا الانفلـونزا التي يعاني منها مريض بعينـه مع نموذج الانفلونزا المعـروف، ولكن سيكون لها مع ذلك بعض السطيّـحات الخاصة بهذا المريض بالذات.

وتسمح معظم طرق التمثيل بالكيانات الهيكليـة بتحديد القيم الافتراضية عندما لا تتوافر معلومات محددة، ويمكن استبدال قيمة افتراضية بقيمة حقيقية إذا توافرت الأخيرة في مرحلة لاحقـة. ولا شك أن هذا النوع من الاستدلال ـ والـذي يعرف عادة بأنـه غير مطّـرد [١٣] ـ له أهمية في النشـاط الذهني الإنساني ولا يمكن التعبير عنه بمنطق الدرجـة الأولى الخالص (انظر الفصل التـاسع). وقد أوضحنـا المزايا الكثيرة للتعبير عن المعـرفة في صـورة معلنة في منـاقشتنا للبرامج الإجـرائية، ولكن كـان من الأفضل التعبير عن بعـض الأعمال في شكل بـرامج. وتمكّـــن طـــريقـــة التمثيل بـاستخدام الكيـانات مـن مزج الصـورتين (الإجرائيـة والمعلنـة ـ المترجم)، بإعطـاء المعلومات الإجـرائية الضرورية مع بعض خواص معينـة للكيان. وتشمل لغة البرمجة KRL [٧] إجراءات من نوعين اثنين. فهناك ما يسمى الإجراءات «الداخلية» do-mestic، التي تحدد ما يجب أن يفعل لأداء عمليـات معينة بنجـاح، مثل إيجاد قيمة بعض الخواص. وسنعطي مثالا على ذلك عندما يكون الكيان هو «تاريخ اليوم» فيما بعد، وهناك الإجراءات «الحارسة»[١٤] التى تنشط للعمل كلما تحققت شروط معينة ـ وليست هذه الفكرة بجديدة في الذكـاء الاصطناعي، فهي موجودة منذ زمن بعيد. ويوجـد هذا المزج بين الصيـاغة الصوريـة والإجرائية أيضـا في الشبكات الـدلالية، حيث ربما ظل الفرق بين الصياغتين غير واضح حتى الآن.

ويرى كتاب كثيرون إنه من المهم أن تستطيع النظر إلى حدث ما من وجهات نظر مختلفة. فيعطي وينوجـراد وبوبرو، في KRL، مثالا لحدث يمكن اعتبـاره إما زيارة لشخص أو كرحلة، ففي الحالة الأولى يتركز الاهتمام على الأشخاص المعنيين، أما في الثانية فينصب الاهتمام على وجهة ووسيلة السفر.

وليس هناك طـريقة عامة لتقـرير ما إذا كـان نموذج ما قـريبا بدرجة كـافية من

الموقف الذي يجب التعرف عليه. وغالبا ما تكون للخصائص الهامة القيم المطلوبة، ولكن اختبار الخصائص الأخرى قد يؤدي إلى اختلافات أكبر بين النموذج والواقع. ويمكننا القول إنه لا بد من اتخاذ موقف عندما تتجاوز هذه الاختلافات حدا مقبولا: فعندما تكون أعراض المريض مثلا متمشية مع إصابته بالانفلونزا، ولكنه يعاني من «كحة سائبة loose cough»، فيجب عندئذ النظر في احتمال إصابته بنزلة شعبية.

بعض الأمثلة

افترض أننا نريد أن نصف شكلا مستطيلا بالخواص الأربع الطول، والعرض، وموقع المركز واللون. ويمكن أن نحدد الأرقام كقيم محتملة للخاصتين الأوليين، ونقطة بالنسبة للثالثة، أما القيم المحتملة للرابعة فقد تكون أحمر، أو أصفر أو أزرق؛ وعلى هذا يكون وصف المستطيل بالشكل التالي:

(تعريف المستطيل

(الطول (القيمة (رقم ما)))

(العرض (القيمة (رقم ما)))

(المركز (القيمة (نقطة ما)))

(اللون (القيمة (الاحتمالات (أحمر أصفر أزرق))))

ونعرض الآن لبعض السطيّحات الرئيسة.

١ ـ القيمة. وتحدد هذه قيمة إحدى الخواص المميزة للكيان، ويمكن أن تكون رقم، أو كلمة، أو مجموعة، أو مصفوفة array.

مثال: (كناري

(اللون (القيمة (أصفر))))

ويعنى هذا أن اللون هو أحد الصفات المميزة للكناري فهو إذن «خاصية مميزة attribute»، وأن هذه الخاصية المميزة لها قيمة وهي «أصفر». إذن «أصفر» هي قيمة الخاصية المميزة للكناري ـ المترجم).

٢ ـ البديل الافتراضي. ويحدد القيمة الافتراضية التي تعطى للخاصية المميزة عند غياب معلومات أخرى. ويمكن استبدالها بأي قيمة أخرى دون أن يؤثر ذلك على النسق المنطقي.

مثال: (كرسي

(النوع (القيمة أثاث))

(عدد الأرجل (بديل افتراضي ٤)))

(كرسي الجدة

(النوع (القيمة كرسي))

(عدد الأرجل ٣)))

في البداية تكون قيمة «خاصية عدد الأرجل» لكرسي الجدة «٤» وذلك بنقل القيمة الافتراضية للكيان الأم «كرسي» إلى الكيان المحدد «كرسي الجدة»، ثم استبدلت القيمة الافتراضية بالقيمة الحقيقية لعدد أرجل كرسي الجدة والتي أصبحت معروفة وهي «٣».

٣ ـ القيود constraints. وتكون هذه القيود في شكل قائمة من المحمولات، تختبر هذه القيود القيمة المعطاه للسطيّحات موضع الاعتبار، فإذا كانت صادقة، كان معنى هذا أنها متمشية مع القيود، أما إذا لم تكن فلا يسمح لها بأن تأخذ القيمة.

مثال: (العمر

(قيود (أكثر من صفر)

(أقل من ١٥٠)))

ويعني هذا أن البرنامج سيرفض قيمة العمر لإنسان أو حيوان إذا كان العمر أقل من صفر أو أكثر من ١٥٠.

٤ ـ القيم الممكنة possibilities. وهذه حالة خاصة من القيود، عندما تذكر القيم الممكنة لصفة ما.

مثال: (الجنس

(القيم الممكنة (مذكر مؤنث)))

فهنا تتحدد القيم الممكنة لصفة الجنس بقيمتين اثنتين، هما المذكر والمؤنث، وبالتالي أي محاولة لإعطاء قيمة المحايد مثلا neuter لصفة الجنس، سيرفضها البرنامج ويقول «محايد ليست قيمة صالحة لصفة الجنس».

٥ ـ الفاصل Intervals. . وهي طريقة أخرى للتعبير عن القيود، فإذا كان القيد رقميا، سيعطى قيمة قصوى ودنيا.

مثال: (العمر

(فواصل (صفر ١٥٠)))

٦ ـ إجراء procedure. يساعد على بناء وظيفة (مكتوبة بلغة ليسب) لحساب قيمة السطيّحات، ويطلق على هذا النوع من «الارتباط الاجرائي» إجراء داخلي في KRL [(٧)].

فلننظر مثلا إلى كيان مثل «التاريخ»، بسطيّحات مثل اليوم، الشهر، السنة، وأيام الأسبوع. ويمكن حساب يوم الأسبوع بسهولة بواسطة وظيفة تأخذ كشرط مبدئى حقيقة أن أول يناير ١٩٠٠ وافق يوم الاثنين، وتستخدم الحقائق التى تقول إن يوم الأسبوع سوف يتحول لليوم التالي لنفس التاريخ في السنة التالية بشرط ألا تكون السنة كبيسة، وهكذا:

(تاريخ

(يوم (فواصل (١ ٣١)))

(شهر (فواصل (١ ١٢)))

(سنة (فواصل (٠ ٩٩)))

(يوم ـ الأسبوع

(قيود (الاثنين الثلاثاء. . . الأحد))

(إجراء (حساب يوم ـ الأسبوع

(اليوم)

(الشهر)

(السنة)))))

وتعمل أداة التعـريف هنا «ال» كـوظيفة مسـاعدة تأخـذ قيمة اليـوم، والشهر، والسـنة من الكيـان الـذي أنشىء، وتمرر هـذه القيم إلى وظيفـة حسـاب يـوم الأسبوع.

٧ـ حراسة demon. تحدّد وظيفة يجب أن تنفّـذ كلما تغيرت قيمـة الصفة المميزة المناظرة. فـإذاكان لدينا كيـان «إشارة ـ المرور» الذي يمكنـه أن يتخذ اللون الأحمر أو الأخضر، فيمكن كتابـة وظيفة حراسـة للتنبيه كلما تغيّـر لون الإشارة. يمكن كتـابة مثل هذه الوظيفة على النحو التالي:

(إشارة

(لون

(قيود (أحمر أخضر))

(حراسة (تنبيه (اللون)))))

ويمكن كتابة وظيفة التنبيه كما يلي:

(تعريف تنبيه (لون)

(اكتب (اختار اللون)

(أحمر «الجهاز مشغول»)

(أخضر «الجهاز خالي»)))

التسلسل الهرمي hierarchies.

من أهم خـواص لغات البرمجة للكيـانات object programming languages أنها تسمح ببنـاء تسلسل هـرمي للكيـــانات المختلفـة، كما تسمح للخـواص بالانتقال مـن الكيانات الأم إلى فروعهـا إذا لم تتواجد الصفات المطلـوبة على مستوى الكيان موضع النظر. فيمكن مثلا تعريف سلسلة من الكيانات على الوجه التالي:

(تعريف ـ كيان طائر

(حيوان)

(صفات «يطير»))

(تعريف ـ كيان كناري

(طائر)

(اللون «أصفر»))

(تعريف ـ كيان «جوي»

(كناري))

(تعريف ـ كيان نعامة

(طائر)

(صفات «لا يطير»))

يمكن إجراء الحوار التالي بمساعدة برنـامج بلغة ليسب، ترمز «م» هنا لمستخدم البرنامج وترمز «ب» للبرنامج.

الحوار	التعليق
م: (صفات نعامة)	توجد مباشرة على مستوى «نعامة»
ب: لا تطير	
م: (صفات «جوي»)	لا توجد على مستوى «جوي» ولا على مستوى
ب: يطير	«كناري» ولكن توجد على مستنوى «طائر»
م: (اللون «جوي»)	لا توجد على مستوى «جوي» ولكن ورثت عن
ب: أصفر	«كناري»

لاحظ أن صفات «النعامة» لا تتوافق مع الصفات العامة «للطائر».

تناول الكيانات Handling objects

ونعـرض الآن لمشكلة التعـرف على كيـان ما أو مـوقف مـا، من بين العديـد من الكيـانات المترابطـة بمختلف العـلاقـات التي عادة مـا يكـون من بينهـا علاقـات التسلسل الهرمي ٤ والمطلـوب هو تحديـد الكيان الـذي يتفق مع المواصفات المعطـاة بأكبر قـدر ممكن من التطـابق والتفصيل. فإذا كـان الموضـوع قيـد البحث عن التشخيص الطبي لاضطرابات شرايين المخ بالتحديد، كان من الأفضل تسميه حالة كجلطـة فقر الـدم الموضعي أفضل من تسميتهـا فقـر الدم الموضعي، لأن التسميـة الأولى تعطى قدرا أكبر من التفاصيل.

وعادة ما يكون للكيانات إحدى حالات ثلاثة (سزولوفيتش Szolovits) (١٥):

حالة نشطـة ـ عندما يكون الكيان مـوجودا فعلا في قائمة لـلافتراضات الحالية، التي يجري البحث في مدى صحتها.

حالـة شبه نشطة ــ عندما يكـون وضع الكيان في قـائمة الافتراضات مطـروحا، ولكن ليس بالقوة الكافية لوضعه فعلا في هذه القائمة.

حالـة غير نشطة ـ عندمـا يكون قد رفض كل افتراض يـؤدي إلى وضع الكيان في قائمة الافتراضات القائمة أو لم ينظر فيه.

وعادة ما تنظّم عملية اختبار الافتراضات بالشكل التالي:

(أ) إدخال البيانات الأولية.

(ب) وضع إطـارات لـــلافتراضـات المختلفـة بـاستخـدام القــواعـد المتعلقـة بالبيانات.

(ج) ترتيب هذه الافتراضات طبقا لمعايير معينة.

(د) اختبار الافتراضات بإضفاء سطيّـحات الكيـانات التي خلقت، مما قد يؤدي إلى استنتاج حقـائق جديدة من الحقـائق الموجودة من قبل، وعندئذ تضـاف افتراضات جديـدة، مع إمكانية العودة إلى الخطـوة (ب)، إذا وجد أن الافتراض الحالي يجب أن يستبدل بـآخر. ويمكن توجيه أسئلـة للبرنامج أثناء عملية إضفـاء القيم، شأنه في

ذلك شأن البرامج التي تعتمد على قاعدة القواعد .

(هـ) إذا تبين وجود أكثر من افتراض قابل للتطبيق ـ بعد اختبار صحة جميع الافتراضات في القائمة ـ توضع سياسة مؤقتة للتمييز بين هذه الافتراضات .

(و) يتم إخراج الاختيار الأفضل، أو إعطاء عدة اختيارات إذا تحققت فيهم الشروط المطلوبة .

الاستدلال بمعلومات ناقصة وباستخدام القيمة الافتراضية

Reasoning from incomplete information, and by default

يستطيع الإنسان القيام بمعظم العمليات الاستدلالية برغم غياب المعلومات الكاملة التي لا يؤدي نقصها إلى إعاقة التفكير.

وقد بيّن البحث في إمكانية محاكاة تفكيرنا عدم ملاءمة الوسائل التقنية كشجرة اتخاذ القرار، لفشلها في حالة المعلومات الناقصة في اتباع الفرع التالي من الشجرة . ومن هنا، كما لاحظ ريتر Reiter[١٦]، استحدثت في جميع برامج الذكاء الاصطناعي قاعدة صريحة تنص على «إذا لم تستطع استنتاج معلومة معينة من قاعدة المعلومات، إذن. . . . » .

والاستدلال باستخدام القيمة الافتراضية هو أساسا وسيلة للتعامل مع الاستثناء . فمعظم الحقائق في الحياة العملية تأخذ شكل «معظم الأشياء هكذا» أو «معظم الأشياء لها صفة كذا» . وذلك مثل قولنا «معظم الطيور تطير» بمعنى «جميع الطيور تستطيع الطير ما عدا النعامة، والبطريق. . » .

ونظرا لضرورة أن يكون البرنامج سليما من الناحية المنطقية، فلا بد لأي برنامج مبني على منطق المحمول من الدرجة الأولى أن يتضمن بوضوح جميع الاستثناءات لأي قضية منطقية، وعلى هذا لابد من التعبير عن الحقيقة السابقة بالشكل التالي :

(٧ س) طائر (س) ٢٨ نعامة (س) ٢٨ بطريق (س) ===> يطير(س)

ولكن لا يسمح لنا هذا بأن نستنتج أن الطيور عادة تستطيع الطيران، ولكي

يثبت البرنـامج أن طـائرا بعينه «س» يطير، لا بـد لـه من تحقيق الأهـداف الوسيطـة التالية :

س ليس بنعامة ، وس ليس ببطريق

والذى يكون مستحيلا لو اقتصرت المعلومات المحددة بالبرنامج على أن «س» هو طائر.

وعادة ما تشمل البرامـج التي تستخدم منطق الدرجة الأولى قـواعد من نوع «إذا كـان س كيـانـا ، وإذا كـانت ٢ ك (س) لا يمكـن أن يستـدل عليهـا من قـاعـدة البيـانـات ، إذن افترض ك (س) صادقـة» وليست هـذه الفكـرة من مفـاهيم منطق الـدرجة الأولى . وقـد ضمنت هـذه القاعـدة في لغـة برولـوج (١٧) بواسطة المعامل NOT ، وفي MICRO-PLANNER (١٨) بواسطة المعامل THNOT . ولا يمكن أن تكون لغة بـرمجة قابلة للتطبيق بدون مثـل هذه القاعدة ، لأن بدونها سيتحتـم إضافة عدد هائل من الحقائق المنفية بوضوح إلى البرنامج .

المراجع

(1) Eco, U. (1982), Le Nom de la rose, Paris, Grasset.

(2) Bartlett, F. (1932), Remembering, a study in experimental and social psychology, London, Cambridge University Press.

(3) Minsky, M. (1975), A framework for representing knowledge, in P. Winston (ed.), The psychology of computer vision, New York, McGraw-Hill.

(4) Roberts, B. Goldstein I. (1977). The FRL manual, MIT AI Laboratory memo 409, September 1977. (FRL = Frame Representation language.)

(5) Stefik, M. (1979), An examination of a frame-structured representation system,IJCAI-79, Tokyo

(6) Schank, R., Abelson, R. (1977), Scripts, plans, goals and understanding, Lawrence Erlbaum Ass., Hillsdale, NJ.

(7) Bobrow, D., Winograd, T. (1977), KRL, another perspective, Cognitive Science 3, pp. 29-42. (KRL = Knowledge Representation Language).

(8) Kay A. Goldberg A. (1977), Personal dynamic media, Computer 10, pp.31-41.

(9) Moon, D.A., Weinreb, D. (1980), FLAVORS: message-passing in the LISP machine,MIT, AI memo 602.

(10) Steels, L. (1982), An applicative view of object oriented programming. European Conference on Integrated Interactive Computing Systems, Stresa, Italy.

(11) Cointe, P. Rodet X. (1983), Formes: a new object-language for managing a hierarchy of events:, IFIP-83, Paris.

(12) Ferber J. (1984), "MERING: un langage d'acteur pour la representation des connaissances et la comprehension du langage naturel", 4 Congres de Reconnaissances des formes et intelligence artificielle, Paris, pp. 179-189.

(13) McDermott, D., Doyle, J. (1980), Non-monotonic logic I, Artificial intelligence, Vol. 13, 1 & 2, PP. 41-72.

(14) Selfridge, O. (1959), Pandemonium a paradigm for learning, Symposium on mechanization of thought process, National physical Laboratory, Teddington, England.

(15) Szolovits, P., Pauker, S.G. (1978), "Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis",Artificial Intelligence, 11, pp. 115-144

(16) Reiter, R. (1978), On reasoning by default, Theoretical issues in Natural Language Processin-2, University of Illinois.

(17) Roussel, P. (1975), PROLOG, manuel de reference et d'utilisation, Groupe d'intelligence artificielle, Marseille.

(18) Hewitt, C., (1972), Description and theoretical analysis (using schemata) of PLANNER: A Language for proving theorems and manipulating models in a robot, AI memo 271, MIT.

(19) Rosch, E. (1975), Cognitive representation of semantic cat-regories, Jounal of experimental psychology, 1975, 104, pp. 192-233.

(20) Bobrow, E., Stefik, M. (1983), the LOOPS manual, Xerox PARC, Palo Alto.

الفصل الرابع عشر

برامج لعب الشطرنج وحل المسائل

برامج لعب الشطرنج

ينظر كثير من الناس إلى كتابة برامج لعب الشطرنج أو البريدج على أنها نوع من العبث، ولكن هذه النظرة غالبا ما تعكس عدم القدرة على إدراك الأهمية البالغة للتحليل، وبحث طرق التمثيل المختلفة لكل وجه من وجوه التفكير الإنساني، فقد أدّت الأبحاث في برامج لعب الشطرنج، في الواقع، إلى اكتشاف خوارزم للبرمجة ذات كفاءة عالية في البحث في بنية الشجرات التي تستخدم حاليا لتمثيل تتابع حركات قطع الشطرنج الممكنة في اللعبة (انظر شكل ١٤ ـ ٢). كما أن الإنسان يستخدم في لعبة مثل الشطرنج نفس العمليات الإدراكية التى يستخدمها في النواحى الأخرى التى تعتبر أكثر جدية، كما أنه يستخدم نفس الاستراتيجيات التي يستخدمها في المواقف التي يواجه فيها خصما والتي يطمح في أن يرى النجاح لخططه والفشل لخصومه.

وقد كان بناء برامج لعب الشطرنج من أولى اهتمامات الباحثين في الذكاء الاصطناعي؛ وتعود أولى الأفكار في هذا المجال للباحث كلود شانون Claude Shannon [(١)] في عام ١٩٤٩ عندما لم يكن اسم «الذكاء الاصطناعي» قد عرف بعد. وقد اقترح شانون نظاما لتمثيل الأربع والستون مربعا على اللوح، ومجموعة من القيم لقطع الشطرنج المختلفة (الوزير = ٩، الطابية = ٥، الفيل ٣، الحصان = ٣، العسكري = ١)، لاستخدامها في تقويم أي وضع من أوضاع اللعبة، بالأخذ في الاعتبار قدرة القطعة على الحركة (عدد التحركات القانونية الممكنة)، وتنظيم العساكر (إعطاء قيمة سالبة للعساكر المعزولة أو المزدوجة في نفس الرتبة). وكان اقتراحه لمعالجة المشكلة يتلخص في النظر ــ في كل وضع من أوضاع اللعبة ـ في جميع

الحركـات الممكنـة لـلاعب الـذي عليـه الـدور، ثم النظـر في جميع الـردود الممكنـة لخصمه، وكـل الحركات التي يمكن أن تكـون ردا لها . . وهكذا؛ على أن يقـوم جزء من البرنامج بـوضع قيمة لكل وضع ممكن من أوضاع اللعبة، ثم اختيـار الحركة التي تـؤدي إلى أفضل وضع لـلاعب في مـرحلـة تـاليـة للتركيب الشجـري الـذي كـونـه البرنامج.

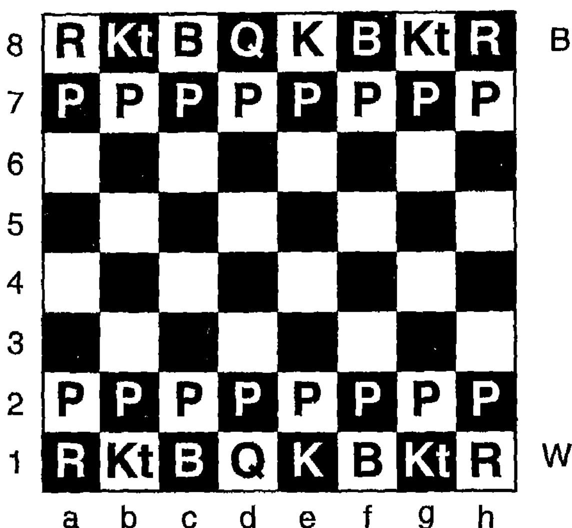
وقد قدّم خلفاء شانون معايرا جديـدة من أجل تطوير برنامج تقييم أوضاع لعبة الشطرنج. فقداقترح ريتشـارد جرينبلات Richard Greenblatt [٢] من معهد ماسوتشوستس للتقنية استخدام بارامتر لتشجيع اللاعب الحاصل على أكبر عدد من النقاط على استبدال القطع، وآخـر لقياس الأمن النسبي لكل من ملكي الشطرنج. وقد أدخلت معايير أخرى منذ ذلك الحين، مثل السيطرة على مركز اللعب والتحكم في إمكـانيـات الهجوم، إلا أن أهميـة هـذه المعـايير قد تختلف من وقت لآخـر أثنـاء اللعب، فتقل مثلا أهميـة الأمن الأنسب للملكين كلما استبعدت القطع الـرئيسة من اللعب.

وعندما اقترح لأول مرة بناء برامج للعب الشطرنج، اعتبر ذلك تحديا عظيما [٣]، ومـازال يعتبر حتى اليوم مشكلـة أمام الـذكاء الاصطنـاعي، مع أن البرامج المتوافـرة تجاريا الآن (١٩٨٤) لا تتفق مع طـرق الاستدلال الإنسـانية إلا في أقل القليل. فإن الانفجار التوافقي combinatorial explosion يبلغ هنا درجة من الاتساع يستحيل معها إجراء بحث مستفيض لكل الأوضاع في اللعبة التي يمكن التوصل إليها؛ ولهذا تتحـدد المشكلـة في التوصـل إلى حل مقبول، أي أفضـل الحلول الممكنـة في حـدود الوقت المتـاح، بالـرغم من عدم استكمال عمليـة البحث. وتتضح استحالـة إجراء البحث المستفيض من حقيقـة أنـه إذا كان متـوسط الحركـات في دور الشطـرنج تبلغ ثمانين حركة، فإن العدد الكلي للأوضاع المختلفة للعبة يبلغ ١٠ أس ١٢٠.

وفي حالة برمجة منهج شانون بالطـريقة التقليدية، يصير اختيار الخطوة التالية في اللعبة بتقويم شجـرة الحركات الممكنة، من أعلى لأسفل حتى عمق محدد، ويفترض البرنـامج أنـه على مستـوى كل عقـدة سيختـار اللاعـب الذي عليـه الـدور الفـرع

«الأفضل» بالنسبة لـه. وعادة ما يتحدد «الأفضل» هنا بواسطة قيمة وظيفة محددة. فإذا كان الأبيض هـو الذي يلعب، وكـان البرنامج يحدد أن القيمة العـالية للـوظيفة تعني تفوق الأبيض، فعلى البرنامج أن يختار الأفرع التي تـزيد القيمة في العقد الفردية (اللعب لـلأبيض)، وتقللهـا في العقد الـزوجيـة (اللعب للأسـود)، ويسمى هـذا خوارزمية الأدنى ـ الأعلى minimax algorithm [٤].

ويظهر تمثيـل لوحة الشطـرنج المستخدم هنـا في شكل ١٤ ـ ١. وكمثـال بسيط جدا، طرحه فراي Frey [٥]، انظر إلى حركات بدء اللعبة الموضحة في شكل ١٤ ـ ٢، والتي يبدأ اللعـب فيها الأبيض كما هو متبع. يقـوم البرنامج بتقـويم القليل من الحركات الممكنة، كحركات الوزيـر والطابية، ويقوم بتقويم الشجرة حتى عمق ٤،



شكل ١٤ ـ ١ أسماء قطع الشطرنج وعلامات اللوحة

أي حركتان للأبيض واثنان للأسود. وتوضع علامة على العقد في شكل مربع أو دائرة لتوضيح ما إذا كان الدور للأبيض أو للأسود بهذا الترتيب، كما ترقم بحسب ترتيب اختبارهم. والاستراتيجية المستخدمة هي «العمق أولا»، بمعنى أن الفروع التي تختار تتيح استنفاذ أقصى عمق ممكن قبل اختيار فرع آخر على نفس المستوى.

ويفحص البرنامج حركات القطع على النحو التالي:

١ ـ عسكري e2 _ e4 عسكري e7 _ e5

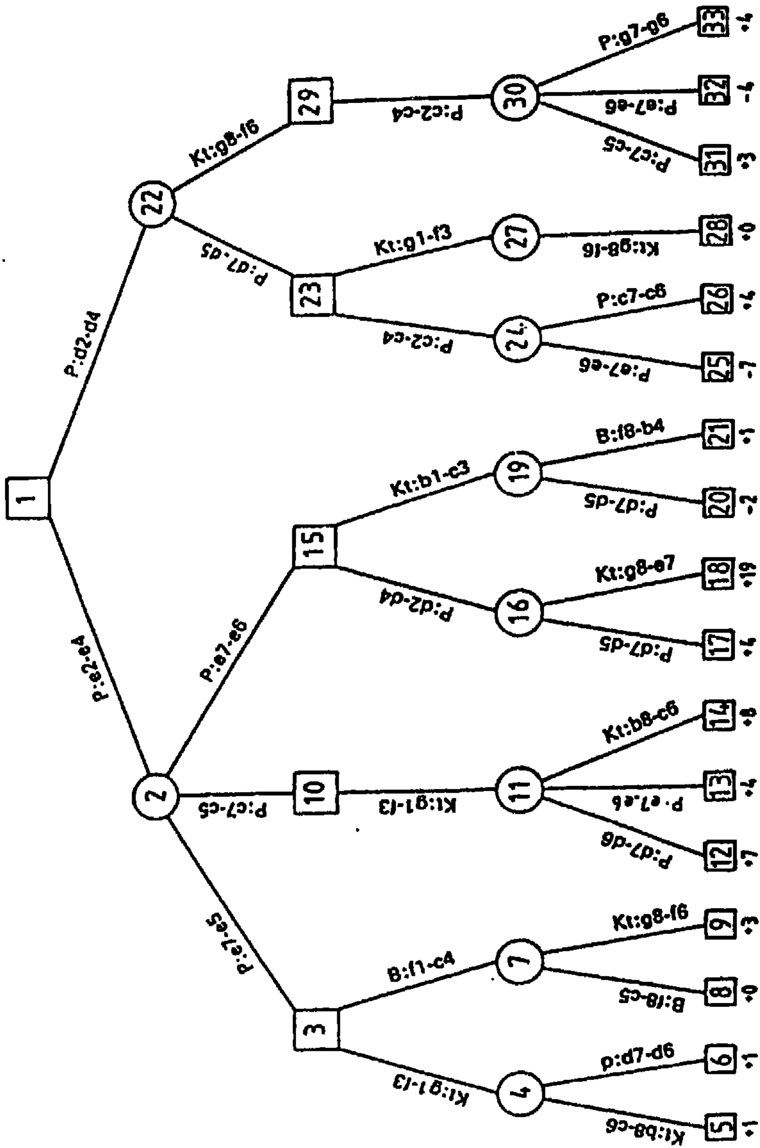
٢ ـ حصان g1 _ f3 عسكري d7 _ d6

ويحسب البرنامج القيمة النهائية في وضع ٥، ويخزن النتيجة +١، ثم يستمر مؤديا إلى قيمة +١ في وضع (٦)؛ وهكذا حتى يصل إلى نهاية الأطراف السبعة عشر في الشكل الجاري تقويمه. وبعد أن يقوم البرنامج بتقويم عقدة ما، تعطى هذه القيمة للعقدة التي تعلوها مباشرة، وتظل هناك حتى تستبدل بقيمة أفضل (أي أعلى)، أتية من عقدة أخرى منحدرة عنها. ويستمر البرنامج هكذا حتى ينتهي من تقويم جميع العقد (٦)، ويصل إلى العمق المحدد سلفا، وإلى الحركة التي ترفع قيمة الوظيفة لأعلى حد ممكن.

وتستخدم أفضل البرامج وظائف تقويم معقدة، ولكن لننظر ـ على سبيل المثال ـ إلى الشكل البسيط التالي. عند وضع معين من أوضاع اللعبة، دع قب (قانوني أبيض)، قس (قانوني أسود) يرمزان لعدد الحركات القانونية للأبيض والأسود في اللعبة، ودع صب، ومس يرمزان لأقل عدد ممكن من الحركات اللازمة لكش الملك، ودع مب، ومس يرمزان لعدد المربعات المركزية التي هوجمت، إذن تكون الوظيفة كالآتي:

و = (قب ـ قس) + ٣ (صب ـ صس) + ٣ (مب ـ مس)

والتي تعني أن ميزة الأبيض (تقاس بالقيمة الكبرى ل «و») تكون أكبر، كلما كان عدد الحركات القانونية المتاحة له أكبر، وكلما كان عدد المربعات المركزية التي يستطيع مهاجمتها أكبر، وكلما كان أقرب إلى إعطاء كش. ويبين شكل ١٤ ـــ ٣ كل القيم



شكل ١٤ ـ ٢ شجرة فرعية لحركتين مختلفتين يمكن أن يفتتح الأبيض بأحدهما اللعب ـ فراي (٥)

الوسطى للشجرة الموضحة في شكل ١٤ ــ ٢، المؤدية للقيم النهائيـة الموضحة. كما يوضح شكل ١٤ ـ ٤ أن العقدة ٢ تتناسب مع القيمة القصوى +١، وعلى هذا يجب على الأبيض أن يلعب p : e2 _ e4.

ويلاحظ القارىء اليقظ ما يلي:

(أ) لا يقـوم اللاعب البشري إطـلاقـا بهذه الحسبة إثنـاء لعب الشطـرنج: فإنها معقدة للغايـة. وحتى هذه الحسبة ما هي إلا تبسيط هائل لما يجري بـالبرامج المتاحة بـالسـوق الآن، فهـي لا تقـوّم عشرات قليلـة من أوضـاع اللعبـة، بـل تقـوّم آلافـا عديدة.

(ب) ليس هناك ضمان أن تكون الوظيفـة المختارة هي «الأفضل»: فلا بد من أن تكون هنـاك اعتبارات يـأخذها الـلاعبون الكبـار في الحسبان، ولكن يصعـب جدا حسابها، وبالتالي إدخالها في وظيفة التقويم.

وقـد كـــان جـــاك بيترات Jacques Pitrat [٧] من جامعة باريس أول من

Terminal position	Legal moves		Moves to check		Center squares attacked	
	White	Black	White	Black	White	Black
5	27	29	2	3	3	3
6	27	32	2	3	3	2
8	33	33	2	2	2	2
9	33	27	2	2	2	2
12	27	29	2	4	3	2
13	27	29	2	3	3	2
14	27	25	2	4	3	3
17	38	34	3	3	3	3
18	38	22	3	3	3	2
20	33	35	3	3	3	3
21	31	33	3	2	3	1
25	30	34	4	3	3	3
26	30	29	4	4	3	2
28	29	29	3	3	4	4
31	30	24	4	3	3	3
32	30	28	4	2	3	3
33	30	23	4	2	3	2

شكل ١٤ ـ ٣ حساب أولي لوظيفة التقويم ـ وفقا لفيري (٥)

Node	Value from Minus	Node	Value from Minus	Node	Value from Minus	Node	Value from Minus
4	+1	13	+1				
7	0						
11	+4	10	+4	2	+1		
16	+4	15	+4				
19	-2					1	+1
24	-7	23	0				
27	0			22	-4		
30	-4	29	-4				

شكل ١٤ ـ ٤ تقويم يصل إلى جذر شجرة شكل ١٤ ـ ٢ فراي (٥)

عـالج المشكلة الموضحة في (أ) إعلاه، ثم تبعه ويلكنز Wilkins (٨)، حيث قدما فكرة الاستراتيجيات العليا high-level strategies كوسيلة لتمحيص الشجرة. وقد جعل هذا إهمال كافة الفروع ـ عدا «المبشرة» منها فقط ـ ممكنا، حيث يعرفّ «المبشرة» في ضوء الهدف المطلوب تحقيقه. وقد يكون الهدف هو «خذ هذه القطعة أو تلك من الفريق المضاد» أو «كش الملك للفريق الآخر»؛ ويضع البرنامج أهدافا فرعية، يؤدي تحقيقهـا إلى إنجاز الهدف الـرئيسي. ويستطيع البرنـامج الـذي يستخدم مثل هـذه الاستراتيجية التطلع لعشرين حـركة أو أكثر لـلأمام ـ الأمر الـذي يستحيل تحقيقه في ظل منهجيـة البحث المستفيض ـ لأنـه لا يحتاج إلا لاختبـار الحركـات التي تـؤدي لتحقيق أحد الأهداف الفرعية.

وتحدد طبيعـة الهدف الرئيسي المطلـوب تحقيقـه شكل الاستراتيجيـة التي يتبناهـا البرنـامج. فإذا اختـار البرنـامج حمايـة الملك كهـدف رئيسي، فسيجـد عـدة طـرق لتحجيم الأخطار التي تهدده؛ قد يكون أحدها مهاجمة الوزير المضاد، ويصبح هذا هـدفـا فرعيـا رقم (١) ولتحقيق ذلـك قد يجد البرنـامج أنـه لا بـد أن يحرك الفيل أو الحصان؛ فإذا اختار تحريـك الفيل، فيصبح ذلك هدفا فرعيـا رقم (٢). وقد يظهر عندئذ أن مثل هذه الحركـة قد تترك أحد العسكر دون حماية، ولهذا فـلا بد من تقديم عسكري آخر لحمايـة الأول الذي كان محميا بـالفيل قبل تحريك الفيل، ويصبح هذا هدفا فرعيا رقم (٣)؛ وهكذا.

وتكون الأشجار في ظل هذه المنهجية أكثر محدودية much narrower من أشجار البحث المستفيض، إلا أنها أكثر عمقا، كما ينخفض عدد الأوضاع التي يجري بحثها من عدة آلاف إلى مئات قليلة، أو حتى عدة عشرات، وهكذا يبدأ البرنامج في العمل بطريقة اللاعب الإنساني. وتربط الاستراتيجية عددا من الحركات المتتالية في ظل هذه المنهجية، بخلاف البحث «الأعمى» الذي لا يوجد فيه ما يمكن أن يربط بين حركتين متتابعتين، لأنه يجري إعادة تقويم الشجرة بأكملها نتيجة لتغير الشروط. وبهذا يكون أي تشابة بين هذه الطريقة والسلوك الاستراتيجى نتيجة الصدفة البحتة.

وقد ظهرت الحاجة لوظيفة التقوم ــ في غيبة شيء أفضل ـ لأنه لا بد من تزويد الحاسب بما يحل محل نظرة اللاعب الإنساني التي تستوعب الموقف على لوحة الشطرنج بأكمله في ثوان معدودة. وقد لا يكون اعتماد البرنامج على مثل هذه الوظائف هو المبدأ الأفضل، ومن المحتمل جدا أن يكون تقليل الاعتماد على هذه الوظائف في المستقبل لصالح الطرق التجريبية التي نستخلصها من اللاعبين المهرة ذا فائدة عظيمة في المستقبل. وعلاوة على ذلك، إذا استطعنا بناء برامج تضاهي مهارتها في اللعب مهارة كبار اللاعبين، تمكنا من فهم الاستراتيجيات التى يستخدمها كبار اللاعبين.

ونود أن نضيف أن النجاح في بناء برامج تلعب الشطرنج ببراعة تتعدى أهميته لعبة الشطرنج إلى الذكاء الاصطناعي بوجه عام: فهو يؤدي إلى فهم أفضل لمفهوم «الخطة»، ويؤثر أيضا فى فهم اللغات الطبيعية. فكثيرا ما يحدث أننا لا نستطيع فهم مغزى حدث ما بدون معرفتنا بدوافع المشاركين فيه، التي تفسر تصرفاتهم في ضوء مخططاتهم.

وأخيرا، فمن الطريف أن نذكر أن برنامج لعب الطاولة الذي كتبه هانز بيرلينر Hans Berliner [(٩)] قد هزم بطل العالم في اللعبة. وقد اعترف بيرلينر نفسه أن برنامجه قد حالفه الحظ، لأن كل دور اعتمد على رمية الزهر، وقد أظهرت دراسة جادة بعد انتهاء اللعبة أن ٨ من بين ٧٣ حركة لم تكن مثلى. وكان هذا في الواقع حدث فريد في

تـاريخ الذكـاء الاصطنـاعي؛ ويمكن تعميم بعض المنـاهج المستخـدمة في تقـويم أوضاع اللعب إلى مسائل أخرى.

حل المشاكل

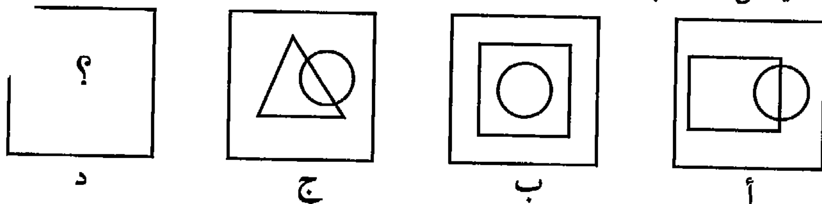
يعتبر حل المشاكل من أكثـر الأنشطة الـذهنية استخدامـا، ويتراوح بين مسائل مثل «كيف أصل إلى بيتي من بـرمنجهـام؟» إلى اختبارات الـذكاء، أو مشكلـة آكلي البشر والإرساليات التبشيرية التي سنتحدث عنها فيما بعد في هذا الفصل.

١ ـ التناظر الهندسي

من الأنماط المعتـادة في اختبارات الـذكـاء إعطاء مســائل تحـتـوي على رسومـات مختلفة، ثم السؤال عن القـاعدة التي تحول رسم ١ إلى رسم ٢، ثم عن الشكل التالي منطقيا لشكل ٣. ونعرض المثال التالي لايفانز [١٠] وبوندي [١١] Evans and Bundy.

وتتلخص الطريقة في أن تجد أولا وصفا لفظيـا لكل رسم، وتستنتج قاعدة تربط كل رسم بالرسم الذي يليه، وعادة لن تجد القاعدة في المحاولة الأولى، لأنه يتعين في أغلب الأحيان اختبار عدة احتمالات، مع التوصل إلى القاعدة التي تنطبق أيضا على التحويل الثاني.

عندئذ يجب التوصل إلى تمثيل رمزي للوصف اللفظي للرسم، والذي يمكن على أساسه التعبير عن كافة علاقات الشبه والاختلاف بين الرسوم المختلفة. ونحن نقوم بهذه العملية بأنفسنا دون وعي منا، ولكن كـان لابد من جعلها واضحة محددة حتى يمكن للحاسب أن يستخـدمها، ذلك كالانتقال من جملـة بلغة طبيعية إلى التمثيل



شكل ١٤ ـ ٥ ماذا يكون د؟

الداخلي لها المكون من مجموعة من العلاقات بين الأسماء والأفعال . . وهكذا .

يمكن أن يكون الوصف اللفظي للمسألة في شكل ١٤ ـ ٥ كالآتي مثلا :

أ : مربع بدائرة على محيطه .

ب : مربع بدائرة في داخله .

ج : مثلث بدائرة على محيطه .

والقاعدة التى تغير شكل أ إلى شكل ب هي :

غيّـر «على محيطه» إلى «في داخله»

والتي عندما تطبق على ج تعطي :

د : مثلت بدائرة في داخله .

ويمكن بناء الـوصف الرمزي لهذه الأشكـال بتعريف المحمـولين «على ـ محيط ، في» ، وتكون حدودهما الأشياء في الشكل ، مما يعطينا :

أ : (على ـ محيط دائرة مربع)

ب : (في دائرة مربع)

ج : (على ـ محيط دائرة مثلت)

وتكون القاعدة إذن : أ ⟵ ب غيّـر على ـ محيط إلى في

والتي إذا طبقناها على شكل ج ، تكون النتيجة :

د : (في دائرة مثلث)

ولا شك أن قدرة التعرف على التشابهات والاختلافات بين المواقف المختلفة سمة رئيسة ونموذجية لعمليات التعليم التي سوف نناقشها في الفصل التاسع عشر؛ وهي أيضا أساسية لعملية الاستدلال المنطقي بشكل عام .

٢ ـ مشكلة «المبشرون وآكلو لحوم البشر»

تواجد ثلاثة مبشرين مع ثلاثـة من آكلي لحوم البشر سويا بالضفة الشرقية (ش)

لأحد الأنهار، ويودون جميعا عبور النهر للضفة الغربية (غ)؛ ولديهم قارب لا يتسع إلا لراكبين فقط كل مرة. وإذا زاد في أي مرحلة، وفي أي ضفة من النهر، عدد آكلي لحوم البشر عن عدد المبشرين، فإن شهية آكلي لحوم البشر للحم الآدمي تنفتح، وتكون العواقب وخيمة للمبشرين، الذين يحاولون تجنب حدوث ذلك بأي ثمن. ويعتبر القارب جزءا من الضفة التي يكون فيها. والمشكلة هي نقل كل فرد عبر النهر، مع الحفاظ على سلامة المبشرين. وقد علق دانيال كايزر [١٦] على ذلك قائلا لي إنه لا يستطيع أن يرى لماذا لا يستطيع اثنان من آكلي لحوم البشر الإجهاز على ثلاثة من المبشرين: ولكي يبدي برنامجا مثل هذه الملاحظة، لابد أن يكون ذكيا جدا.

ومشكلة الذكاء الاصطناعي هنا هي كتابة برنامج يستطيع أن يجد بنفسه الخطوات الواجب اتخاذها ـ من يركب القارب ذهابا وإيابا ـ لتحقيق الهدف المنشود؟ ولتحقيق ذلك، يجب أن نعطي الحاسب وصفا صوريا للحالة الأولية (الحالة التي يكون فيها المبشرون وأكلة لحوم البشر في الضفة التي يرغبون الانتقال منها ـ المترجم)، ووصفا آخر للحالة النهائية (عند انتقالهم جميعا سالمين إلى الضفة الأخرى من النهر ـ المترجم)، ومعاملات تغيير الحالة. ولابد أن يتأكد البرنامج أنه في جميع الأوقات تتوافر الشروط التالية:

يزيد عدد المبشرين (م) عن عدد آكلي لحوم البشر (آ)، في كل ضفة من النهر أو في القارب أثناء إبحاره، إلا إذا كان (م) = صفر في أي موقع من المواقع.

ويجب أن نلاحظ هنا أننا في حديثنا عن بناء الوصف الصوري للمواقف المختلفة، تجاهلنا العملية الدقيقة للانتقال بالجمل من صورتها الطبيعية إلى تمثيل رمزي باستخدام المعاملات والحالات: وهذه العملية أصعب جزء في البرنامج وتتطلب فهما عميقا جدا للغة. فمثلا حقيقة أن «وجود المبشرين يفتح شهية آكلي لحوم البشر للحم الآدمي. .»، ينطوي بداهة على أن عدد (م) يجب أن يزيد عن عدد (آ). . إلخ، يمثل استنباطا لا يسهل على برنامج أن يتوصل إليه. وتبلغ هذه المشكلة بالذات درجة من السهولة تجعل القيام ببحث أعمى ممكنا، أي يمكن

للبرنامج أن يطبق جميع المعامـلات، مع مراعاة قيد واحـد، وهو أنه لا يجب السماح بحالة يزيد فيها عدد آكلي لحوم البشر عن عدد المبشرين.

ويكون التعريف الصوري للمشكلة كما يلي:

الحالة الأولية: ش = (م م م آ آ آ) (كل فرد في الضفة الشرقية)

غ = صفر

الحالة النهائية: ش = صفر

غ = (م م م آ آ آ) (كل فرد في الضفة الغربية)

وهناك أيضـا مجموعة من المعـاملات مع = (مع١، مع٢، مع٣، مع٤، مع٥) وتعريفـاتهم. وهذه المعاملات لا تطبق إلا تحت ظـروف محددة، وينتج عن تطبيقها تغير في الحالة، فمثلا يمكن تعريف مع ١ على النحو التالي:

نقطة البداية: ش أو غ

نقطة النهاية: ش أو غ

الشروط:

(١) نقطة البداية ≠ نقطة النهاية

(٢) (مبشر واحد على الأقل وآكل لحوم بشر واحد في المكان الأصلي)

$N(C, ORIGIN) > 1$ و $n(M, ORIGIN) > 1$

النتيجة:

نقطة البداية == > نقطة البداية ـ (م آ) وصف لحالة جديدة

نقطة النهاية == > نقطة النهاية + (م آ)

ويمكن الرجوع إلى البرنامج الكامل لهذا المثال في بوندي Bundy [١١].

وما يعيب طريقـة حل المسألة التي عرضناها أعلاه هـو أن الحل خاص جدا لهذه المسألة بـالذات، ولا يمكن تعميم استخـدامه لحل مسـائل أخرى، وقـد أدت هذه الاعتبارات بباحثين آخرين مثل JeanLouiv Lauriere أن يحاولوا تطوير طرق أكثر

قـابليـة للتعميم مثل ALICE [١٢] . ويعتبر (الحلال العام للمسائل) General Problem Solver (GPS) الذي بناه نيويل وسيمون، وشو Newell, Simon and Shaw [١٣] أفضل برنامج في هذا المجال.

٣ ـ برنامج حلّال المشاكل العام The GPS Program

يجب تحديد الحالات الأوليـة والنهائيـة (البيانـات والأهداف) ــ كما هو الحال في بـرامج حل المسـائل ــ كما يجب أيضـا تحديد معـامـلات تغيير الحالات، لكن ــ في البرنامج العام ـ يمكن أن تتخـذ المعاملات شكلا أكثر عمومية، لأن هـدفها الوحيد هو تقليل الفرق بين الحالة الراهنة والهدف، وذلك بـاتباع منهجية الوسيلة التي تحقق الهدف، والتي يمكن تطبيقها على مسائل تختلف اختلافا بيّـنا.

فإذا كنت أريد حل مشكلـة الذهاب من منـزلي ـ لنقل أنه في لنـدن ـ إلى أدنبره، فإنني أبحث عن معـامل يمكن أن يخفـض الفرق بين حـالـة « المنـزل » وحـالـة «في أدنبرة». وهذا الفـرق هو اختـلاف في الموقع، ويمكن تقليلـة باستخـدام الطائرة أو القطار؛ ولكن لا تقلع الطائرة ولا القطار من المنزل، وإنما من المطار أو محطة السكك الحديديـة، وهكذا أصبح لديّ هدف فـرعي «الوصول إلى المطـار (أو محطة السكك الحديـديـة)»، والذي يتعين عليّ الآن أن أخطط لتحقيقـه . . وهكـذا. ومن إحـدى السمات الهامة المميزة للبرامج العامة، أن المعامل الذي اختير لتقليل الفرق بين الحالة الأولية والنهائيـة قد لا يكون قابلا للتطبيق في الموقـف المطروح في ذلك الوقت، مثل الطائرة أو القطار، وبدلا من أن يقوم GPS برفض هذا المعـامل، فإنه يحاول أن يغير الموقف ليصبح منـاسبا لهذا المعـامل. ونلخص فيما يلي أنواع الأهـداف التي يستطيع GPS التعامل معها:

١ ـ تحويل كيان ـ ١ إلى كيان ـ ب

٢ ـ تقليل الفروق بين أ و ب بتعديل أ

٣ ـ تطبيق معامل ما على أ

وتستطيع أكثر نسخ GPS عمومية أن تحل أحد عشر نوعا مختلفا من المسائل، بما

في ذلك الألغاز ومسائل تتعلق بمجـالات خاصة مثل الشطرنج والتكـامل الرمزي. إلا أن أداءه في المجـــــــال الأخير أقل كثيرا من البرامج المتخصصة مثل MAC-SYMA [١٤] أو SAINT [١٥]. ولكن لم يقصد أبدا أن يكون GPS كفؤا، ويجب اعتباره، كما ذكر مـؤلفو البرنامج «سلسلة من الـدراسات التي تهدف إلى تقديم فهم أفضل لطبيعة عملية حل المسائل والآلية المستخدمة في التوصل إلى حلول لها».

٤ ـ برنامج أليس The AIICE Program

يستطيع برنامج أليس ـ الذي أعـد بواسطة جين لوي لورير Jean-Louis Lau-riere [١٢] من جامعة باريس ـ أن يحل المسائل الـرياضية والمنطقية المكتوبة بلغة تستخدم مفردات نظرية المجموعات والمنطق التقليدي.

وتحدد المسألة في أربعة أجزاء:

١ ـ التعريف، مسبـوقا بكلمة «دع» LET؛ ويعرِّف هذه العنـاصر التي تتكون منها المشكلة ويحدد أنواعها.

٢ ـ الهدف، مسبوقا بكلمة «أوجد» FIND، ويحدد القيم التي يجب أن توجد.

٣ ـ القيـود، مسبوقـا بكلمة «مع» WITH؛ ويحدد العلاقـات بين المتغيرات في المسألة.

٤ ـ البيانات، التي يمكن أن تكون عددية أو رمزية.

وهناك ثلاث مراحل رئيسة في عملية الحل:

(أ) مد القيود، باستبدال القيم التي أختيرت لمتغيرات معينـة. وهنا يظهر برنامج «أليس» مهارتـه باستخـدام القيود فهو لا يستخـدمها وفق ترتيـب ثابت مسبق، بل طبقا لمعايير خاصة مثل استخدام القيود القصيرة قبل الطويلة منها.

(ب) توليد الفروض؛ تتم الاختيارات بأكبر قـدر ممكن من الذكاء، بانتقاء القيم الأكثر احتمالا.

(ج) التوصل إلى الحل مع إظهار أنه الحل الأمثل.

ويتميز برنامج «أليس» بقـدرته على حل مسائل المتاهات الرياضيـة بوجه خاص؛

فمثلا:

$$\begin{array}{cccccc} G & E & R & A & L & D \\ + \; D & O & N & A & L & D \\ \hline = \; R & O & B & E & R & T \end{array}$$

حيث يمثل كل من الحروف G E R A L D O N B T رقما تحت العشرة؛ صفر، ١ ، ٢ ٩٠٠٠ ، وكلها مختلف والمجموع صحيح؛ والأرقام الأولية G D R كلها ليست صفرية

وإذا كانت a, b, c, d, e هي الأرقام المرحلة من اليسار إلى اليمين في عملية الجمع ، فإن برنامج «أليس» يقوم بتوليد العلاقات التالية والتي تشكل القيود في هذه المشكلة:

$$2D = T + 10e \quad (1)$$

$$e + 2L = R + 10d \quad (2)$$

$$d + 2A = E + 10c \quad (3)$$

$$C + R + N = B + 10b \quad (4)$$

$$b + E + O = O + 10a \quad (5)$$

$$a + G + D = R \quad (6)$$

وتكون الاستنتاجات الأولى التي يتوصل إليها البرنامج؛

T رقم زوجي، توصل إليها بواسطة (١)

أما $(a = o \;\&\; b = o \;\&\; E = O)$

أو $(a = 1 \;\&\; b = 1 \;\&\; E = 9)$، بواسطة (٥)

$R = e$ (modulo 2)، بواسطة (٢)

$E = D$ (modulo 2)، بواسطة (٣)

ويقوم برنامج «أليس» باختيار تجريبي وهو E = O (متضمنا أن قيمة كل من b , a صفر)، حيث يغير تلك القيود الأصلية إلى أشكال أقوى :

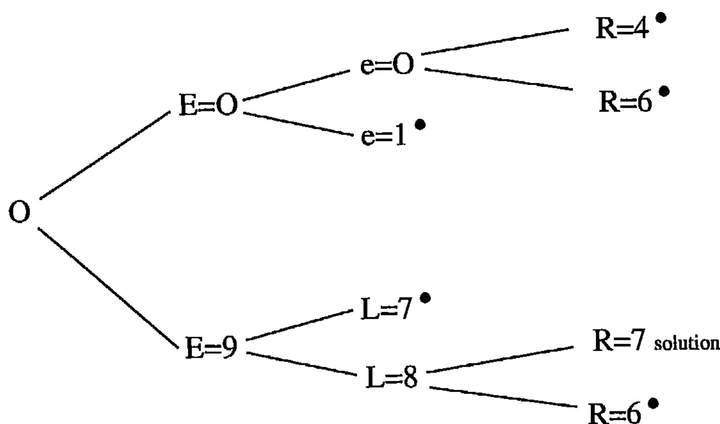
$$d + 2A = 10c \quad (3')$$

$$C + R + N = B \quad (4')$$

$$G + D = R \quad (6')$$

وينتج عن (3') أن d لابد أن تكون زوجية نظرا لأنها رقم مرحل فإن d = صفر. وتستمر العملية بهذه الطريقة، ويوجد الحل باستحداث شجرة ذات ست عقد فقط، كما هو موضح في شكل ١٤ ـ ٦ . ويؤدي فرعا الشجرة R = 4 وR = 6 إلى وضع مستحيل عندما يستبدلا في المعادلات الأخرى، ولهذا لا تقبل إلا R = 7؛ ويصبح حل المسألة كالتالي:

G	E	R	A	L	D	O	N	B	T
1	9	7	4	8	5	2	6	3	0



شكل ١٤ ـ ٦ شجرة بحث Gerald + Donald = Robert

ويمكن الرجوع إلى البرنامج الكامل في كتاب لورير [١٢]

خاتمة :

لقد أثّرت دراسة حل المسائل بوجه عام تأثيرا هامــا على تطور آلات الاستنتاج inference engines والمستخدمة في الأنظمة الخبيرة ، وهو موضوع القسم الرابع من هذا الكتاب . ومن المحتمل أن يحقق إدخال الاستراتيجيات العليا ، مثل فكرة الخطة في برامج الشطرنج ، فوائد في المستقبل .

المـراجـع والحـواشي

(1) Shannon, C. F. (1950), "Programming a computer to play chess", Scientific American, February 1950.

(2) Greenblatt, R. D. et al. (1967), "The Greenblatt chess program", Proc. AFIPS Fall Joint Computer Conference, 1967, 31, pp. 801-810.

(3) Even the possibility (of creating a good chess-playing program) was questioned by Dreyfus in his book "What computers can't do: A critique of Artificial Reason". New York, Harper & Row, 1972. The challenge now is to produce a program that will play at Grandmaster level, or even world champion.

(4) Von Neuman, J., Morgenstern, O. (1944), Theory of games and economic behavior, Princeton N.J., Princeton University Press.

(5) Fray, P. W. (ed.) (1977), Chess skill in man and machine, New York, Springer-Verlag.

(6) There are in fact tree-pruning methods that do not require all the nodes to be evaluated. The reader interested in these optimization procedures should consult, for example, Barr, A. & Feigenbaum E. (eds.) (1981), The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 1, 46-108, Los Altos, California, Kaufman.

(7) Pitrat, J. (1977), " A chess combination program which uses plans," Journal of Artificial Intelligence, Vol. 8, No. 3, June 1977.

(8) Wilkins, D. (1979) "Using plans in chess", IJCAI-79 pp. 960-967, Tokyo, August 1979.

(9) Berliner H. (1980), "Computer Backgammon", Scientific American, pp. 54-69, June 1980.

(10) Evans, T. G., (1963), "A heuristic program to solve geometric analogy problems", in Semantic Information Processing, M. Minsky (ed.), Cambridge, Mass., MIT Press.

(11) Bundy, A., Burstall, R. M., Weir, S., Young, R. M., (1980), Artificial Intelligence: Introductory course, Edinburgh, Edinburgh University Press.

(12) Lauriere, J. L. (1978), "A language and a program for stating and solving combinatorial problems", Artificial intelligence, 10, 1, pp. 29-127.

(13) Ernst, G. Newell, A. (1969), GPS: A case study in generality and problem solving, New York, Academic Press.

(14) Moses, J. (1967), "Symbolic integration", Technical report MAC-TR-47< MIT.

(15) Slagle J. R. (1963), A heuristic program that solves symbolic integration problems in freshman calculus, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGraw-Hill.

(16) Kaysar, D. (1984), Personal letter.

القسم الرابع

الأنظمة الخبيرة

الفصل الخامس عشر
خصائص الأنظمة الخبيرة

مقدمة

توافق ازدياد اهتمام علماء الذكاء الاصطناعي بالأنظمة الخبيرة مع تدني حماسهم للمناهج العامة لتمثيل العمليات الاستدلالية. فقد ثبت في الواقع عدم فعالية المناهج والطرق، التي كان يقصد بها أن تكون عامة وكلية، عند تطبيقها في مجالات محددة[١]، مما يوضح العلاقة التبادلية المألوفة بين الفعالية والعمومية. ففي أوائل الستينات بدأ إدوارد فيجينباوم Edward Feigenbaum في الاهتمام بطرق الاستدلال الاستقرائية والتجريبية: والتي كانت عادة ما تستخدم في المسائل التي تتطلب وضع افتراضات تفسر تفسيراً جيداً مجموعة من الظواهر التي تم رصدها. وقد أدت الرغبة في احتذاء هذا النوع من السلوك العلمي إلى إرساء دعائم مشروع مشترك[٢] بين علماء المعلوماتية من ناحية، وخبراء من مجالات معينة كان من بينهم جوشوا ليديربرج Joshua Lederberg الكيميائي وعالم الوراثة. وقد اختير تفسير بيانات أجهزة مطياف الكتلة ليكون مجال التجربة؛ في مطياف الكتلة تقذف عينة صغيرة من المادة المطلوب معرفة تركيبها الكيمائي بواسطة إلكترونات ذات طاقة عالية، مما ينتج عنه تكسر جزيئاتها إلى أجزاء عديدة، وتنتقل الذرات بين هذه الأجزاء؛ ويمكن التوصل إلى بنية الجزيئات الأصلية من فحص هذه الأجزاء. ونعرض في الفصل السابع عشر برنامج ديندرال DENDRAL [٣] الذي كتب لمعالجة هذه المسألة.

ولسنوات عديدة نظر علماء الذكاء الاصطناعي بقدر كبير من التحفظ إلى هذا العمل الذي يسير في اتجاه مضاد لمبادىء المناهج العامة السائدة في ذلك الوقت

والمفضلة لدى علماء الرياضيات. ولكن سرعان ما ساعد هذا العمل على إثارة المشكلة الرئيسة من جديد، وهي مشكلة تمثيل وهيكلة المعرفة، وذلك لأن المشاكل المطروقة على بساط البحث لم تعد مشاكل «دمية» يمكن حلها باستخدام عدد ضئيل من المعاملات، ولكنها أصبحت مشاكل الحياة «الحقيقية».

ويمثل بروز وسقوط النظريات العلمية في مجالات البحث العلمي المختلفة خير مثال على التعاقب الذي وصفه توماس كون Thomas Kuhn في كتابه «بنية الثورات العلمية The Structure of Scientific Revolution (٤)». فهو يصف تطور العلوم باعتباره عملية دورية تتعاقب فيها مراحل «اعتيادية» مع «فترات ثورية». ففي المراحل الاعتيادية يكون فيها شبه إجماع بين علماء المجال حول المسائل المهمة التي يجب دراستها، وأنواع الحلول والتفسيرات المراد التوصل إليها. ولا يكون هناك تساؤلات أو شكوك حول أسس النظرية أو النموذج. ومع مرور الوقت، تظهر بعض المشاكل ـ من خلال هذه النظرية أو النموذج ـ التي تتطلب حلاً سريعاً. ويتم تجاهلها في بادىء الأمر، ولكن تأتي لحظة حرجة يتزايد بعدها عدد الباحثين غير الراضين عن النظرية السائدة أو النموذج الحالي، ويبدأون في وضع الأسس لنظرية جديدة. ويوفر النموذج الجديد فهماً أفضل للأسئلة غير المجابة في ظل النظرية السابقة، وقد يصبح تفسير بعض الظواهر أقل عن ذي قبل. وليست النظرية الجديدة مجرد امتداد لسابقتها، ولكنها تكون الأساس لمرحلة اعتيادية جديدة في البحث العلمي، وتكون بالطبع مصدر نزاع بين أنصار النظرية القديمة ومؤيدي النظرية الجديدة.

وعندما أدرك العلماء أن البحث في آليات عمليات الاستدلال في مجالات معينة قد أدى إلى تقدم عظيم، سارعوا بحماس إلى العمل لبناء أدوات عامة general tools لتمثيل المعرفة في مجالات مختلفة، ولذلك يمكن اعتبار البحث في الأنظمة الخبيرة جزءاً مهماً من «الذكاء الاصطناعي».

وكان أول درس تعلمه الباحثون من بناء برنامج مثل DENDRAL، الذي اشتمل على قدر هائل من المعلومات الكيميائية المتخصصة، هو أن تكلفة أقل

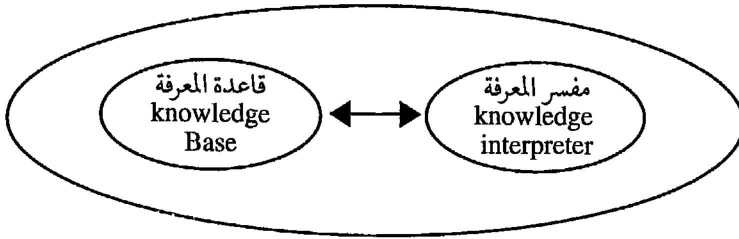
تعديل فيه كانت باهظة جداً. ويرجع ذلك إلى تداخل المعلومات المتخصصة في الآلية التي تستخدمها وتفسرها، ومن هنا انبثق المبدأ الأساسي ـ بالتدريج ـ القائل بوجوب فصل قاعدة المعرفة عن الآلية التي تفسرها.

مبادىء بناء الأنظمة الخبيرة

١ ـ تحديد الميدان

تتطلب عملية بناء الأنظمة الخبيرة، التي هي بطبيعتها عملية متزايدة in-cremental، عقد عدة جلسات مع أحد خبراء المجال المحدد. ويقوم الخبيرالبشري بشرح معرفته في هذا الميدان، والطرق التي يتبعها في حل المسائل. وقد يقدم شرحه هذا بطريقة غير منظمة، لأنها ربما المرة الأولى التي يطلب منه القيام بذلك. ويجب السماح للخبير بإجراء مراجعات عديدة لما يريد أن يضمنه في البرنامج، بما في ذلك العودة إلى ماسبق ذكره، وإعطاء تفسيرات مطولة لنقاط معينة، وإضافةمعلومات جديدة. ويوضح ذلك الحاجة إلى فصل تمثيل المعرفة عن البرنامج الذي يقوم بتطبيقها. وقد يتم الاستعانة بخبراء آخرين في مرحلة تالية، للتعليق على المعلومات التي أعطيت بواسطة الخبير الأول. ولهذا يجب أن توضع هذه المعلومات في شكل بسيط، ليسهل قراءتها ودراستها. وتساعد أشكال التمثيل التي وصفناها في الفصول ٩ ـ ١٣ على فهم هذه الأغراض، ومن الضروري أن تتخذ شكل المعرفة المعلنة، وألا تتبع الأسلوب التقليدي للغات البرمجة. وإذا نظرنا إلى المستقبل البعيد، يمكننا أن نتوقع أن يقوم الخبراء البشريون أنفسهم ببناء هذه البرامج دون مساعدة علماء المعلومات.

ويمثل الرسم الموضح في شكل ١٥ ـ ١ البنية الهيكلية المقترحة للأنظمة الخبيرة، وهي تمكن المستخدم من إجراء حوار مع النظام الخبير. وليس ضرورياً أن نستخدم هذا الشكل الموضح، ولكنه في الواقع الشكل الأكثر شيوعاً في الاستخدام. إن الضرورة الحقيقية تكمن في التعاون مع خبير في المجال. وعلى أي حال، قد أصبح مثل هذا الهيكل ضرورياً، لأن المعلومات المعطاة عبارة عن مواد للمعرفة مجمعة تجميعاً عشوائياً، مما يجعل طرق البرمجة التقليدية غير ملائمة. إذا أمكن وضع مواد



شكل ١٥ ـ١ المكونات الأساسية للأنظمة الخبيرة

المعرفة هذه بصورة منظمة، تكون في هذه الحالة طرق أخرى كلاسيكية مناسبة أكثر من طرق الأنظمة الخبيرة. وحالما يطوّر أو يصل البرنامج إلى مرحلة يعتبر فيها أداؤه في مجاله الخاص مرضياً، يمكن عندئذ ـ إذا اقتضت الضرورة ـ إدماج قاعدة المعرفة في البرنامج المفسر لإعطائه فعالية أكثر، ولتقليل الذاكرة المستخدمة خاصة عند تشغيل البرنامج على أجهزة أصغر من تلك التي طوّر عليها.

٢ ـ تفسير عملية الاستدلال

من السمات الهامة للأنظمة الخبيرة قدرتها على إعطاء المستخدم تفسيراً لخطة «تفكير» البرنامج. ويتم ذلك بإدماج بعض الإجراءات داخل البرنامج، حيث تقوم هذه الإجراءات بعرض مواد المعرفة التي استخدمها النظام الخبير في التوصل لأحكامه. ويحتوي البرنامج على المعرفة أو المعلومات في صورة لا تختلف كثيراً عن صورة المعرفة كما يدركها الخبير البشري، فقد يحتوي البرنامج على مادة المعرفة التالية:

«إذا كانت درجة حرارة المريض عالية، وأرجله ضعيفة، فقد يكون مصاباً بالأنفلونزا». ويمكن للبرنامج بسهولة عرض الاستنتاجات المتعاقبة التي قام بها للوصول إلى النتيجة. وهذه السمة بالغة الأهمية، حتى إذا لم يكن الإيضاح الذي يقدمه البرنامج على درجة كبيرة من العمق، لأنه يساعد المستخدم على تقويم ثقته ـ أو عدم ثقته ـ في البرنامج. ولم يعد البرنامج صندوقاً أسود سحرياً، كما تبدو أغلب البرامج العادية.

٣ ـ المستخدم :

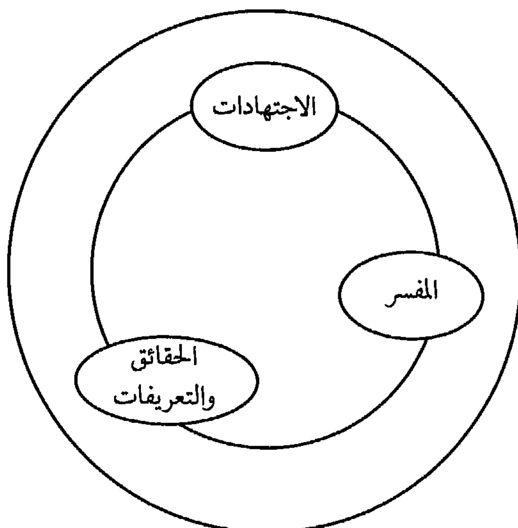
لابد من مراعاة عدة اعتبارات عملية عند بناء الأنظمة الخبيرة. فهي أولاً يجب أن تصمم لمساعدة غير الخبير الذي يطلب نصيحة أو مشورة في إحدى المجالات التخصصية. والمثال الشائع لذلك حالياً هو الطبيب المارس العام الذي يحتاج لنصيحة خبير في أمراض الكلى أو ضغط الدم المرتفع، قبل تحويل مريضه إلى أخصائي. ولمثل هذا البرنامج أهمية خاصة لطبيب الريف الذي قد يكون على بعد أميال من أقرب أخصائي. ولهذا يجب أن يكون مستوى أداء البرنامج الخبير مقارباً لأداء الخبير البشري في المجال ذاته، ويمكن أن يستفيد البرنامج الخبير من النقد البناء لمجموعات مختلفة من الأخصائيين. ويمكن للبرنامج الخبير ـ بل يجب ـ أن يتضمن خبرات وتجارب عدد من الخبراء، وهذه المعلومات نادراً ما تكون مسجلة بالكتب والدوريات العلمية في هذا المجال.

وهناك نوع ثانٍ من مستخدمي الأنظمة الخبيرة يسعون لاكتساب معرفة مهنية في موضوع تخصصي، ويمكن الحصول عليها من أحد الأنظمة الخبيرة التي لها بعض القدرات التعليمية ـ نعرض لهذا الجانب في الفصل الثامن عشر عن التعليم بواسطة الحاسب ـ، وأخيراً يمكن للأنظمة الخبيرة أن تحفظ الخبرات الفريدة للخبراء والمختصين العظام، والتي نفقدها عادة عندما يتقاعد هؤلاء دون نقل خبراتهم النادرة إلى خلفائهم.

٤ ـ الأنواع المختلفة للمعرفة :

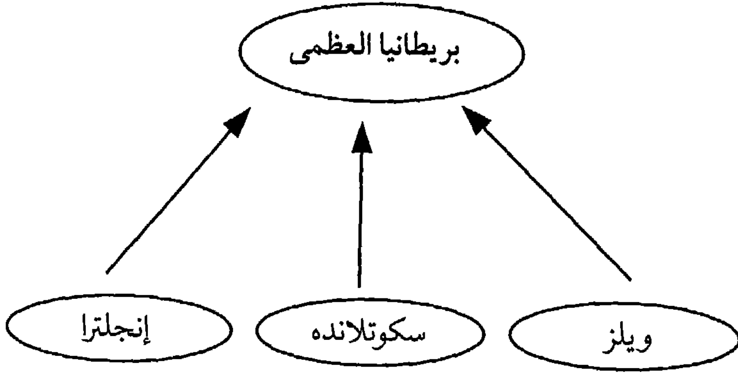
إن مشكلة تمثيل المعرفة في الأنظمة الخبيرة هي مشكلة أساسية، فنادراً ما يمكن وضع المعرفة المتعلقة بمجال معين في صياغة واحدة، فهناك مواد المعرفة البديهية والتجريبية مثل «إذا لوحظ وقوع أ و ب إذن من المحتمل وقوع ج ولكن بالتأكيد لا يمكن توقع د»، وهناك أيضاً مواد المعرفة الإجرائية مثل «إذا كانت أ معلومة، إذن يكون التسلسل ب ثم ج، أما إذا كانت أ غير معلومة فيكون التسلسل ج ثم ب وهكذا». ويسمى هذا النوع الثاني «ما وراء المعرفة meta

«knowledge. والنوع الثالث من مواد المعرفة هو المعرفة الحقائقية factual knowl-edge» مثل «تحتوي أ على ب و ج و د». وعادة ما يكون التعبير عن النوعين الأولين من مواد المعرفة بواسطة القواعد الإنتاجية، بينما يعبّر عن النوع الثالث بواسطة بنيـة الشجرة. ويـوضح شكل ١٥ ــ ٢ هذا التمايـز. ويختلف الخبراء كثيراً فيما بينهم بشأن تمثيل مواد معـرفة النـوعين الأولين بينما يرجح اتفـاقهم بشأن تمثيل معرفـة النوع الثـالث. فيتفق مثلاً جميع الجغـرافيين على تمثيل المعـرفة بـالجملة «تشمل بـريطانيـا العظمى كل من إنجلترا، وسكوتلانده وويلز» في شكل ١٥ ـ ٣.



شكل ١٥ ــ ٢ التمييز بين مكونات قواعد المعرفة

ويكمن الفرق الأسـاسي بين قواعد المعـرفة knowledge base وقـواعد البيـان data base في أن قاعدة المعرفـة تتضمن مواد المعرفة البديهيـة والحدسية والتجريبية بينما تخلو أو تكاد تخلو منها قواعد البيـانات. وتسمى الحقائق والتعريفات المتضمنة في قواعد المعرفة «بيانات» في قـواعد البيانات. بينما تعني «البيانات» في النظم الخبيرة تلك البنود التـي ترتبط بوجـه خاص بـالمشكلة التي يعـالجها البرنامـج في وقت ما، وتعتبر خارج برنامج المعالجة نفسه.



شكل ١٥ ـ ٣ شجرة تنظيمية لمجموعة حقائق (ج = جزء من).

دليل مختصر لبناء الأنظمة الخبيرة

إن بناء الأنظمة الخبيرة هو فن أكثر منه علم دقيق. وقد علمتنا التجارب من وقت لآخر عدداً من المبادىء التي تبدو بسيطة، بل واضحة وضوح الشمس في بعض الأحيان. ونوجه الإرشادات التالية، بوجه خاص إلى علماء المعلومات الذين يعملون في تطوير النظم الخبيرة بالتعاون مع خبير بشري في المجال.

(أ) تتناسب بعض ـ وليس كل ـ المسائل مع الأنظمة الخبيرة، وقد قام بوكانان ودودا [٦] Buchanan and Duda بتصنيف هذه المسائل التي يمكن أن توصف بعدة طرق:

١ ـ تفسير أو فهم كمية معقدة وضخمة من المعلومات.

٢ ـ التصنيف.

٣ ـ تقويم المواقف.

٤ ـ التشخيص مثل التشخيص الطبي أو تشخيص خلل الأجهزة والمعدات.

٥ ـ اكتشاف القصور في بعض النظم مثل الدوائر (الكهربائية أو الالكترونية مثلاً).

٦ ـ معالجة الأزمات.

والصفـة المشتركـة في هذه المسـائل أنها تتضمن عـدداً كبيراً من المعـامـلات غير المتجانسة والمتداخلة، والتي تفتقد قيمهـا إلى تفسيرات مقننة، وعادة ما تكون عرضة للخطأ.

(ب) من المهم وجود «الخبير الحقيقي» طوال فترة المشروع، مع إمكانية الاستعانة بخبراء آخرين لنقد وتحسين النموذج الأصلي للمشروع. ولا تكمن قوة الخبير البشري ـ في مجال الطب مثلاً ــ في معرفته الموسوعية للأمـراض (والتي يمكن الحصول عليها من الكتب) بل من قـدرته على تطـوير الاستراتيجيـات ومعرفة «حيل الصنعـة» التي يستخدمهـا للتوصل بسرعة وبثقـة إلى التشخيص الصحيح. و«هذه الحيل» هي ثمار خبرة طويلة نادراً ما توجد في الكتب. ومن الأهمية القصوى الإلمام بكل الحالات غير العاديـة ـ والتي غالبـاً ما تكون خطـرة ـ التي تقـابل الخبير. ويشق الخبير الأخصائي طريقة إلى لب المشكلة مباشرة لأنـه على علم بنوعية الأسئلة التي يجب أن تطرح، ولا تكون هذه الأسئلة بالضرورة مقننة أو قياسية، وإنما توحي بها الأعراض التي يستطيع هو ملاحظتها.

(ج) ونطرح هنا قضية مستوى المعـرفة المستخدمة في الأنظمة الخبيرة. فمن المهم في الحالة الراهنة لعلم الذكاء الاصطنـاعي ألا يتضمن البرنامج سوى المعلومات التي تستند على أسس علمية سليمة، وألا يتضمن كثيراً من المعلومات البديهية أو حقائق الحياة اليومية. فيستطيع مثلاً برنامج للتشخيص الطبي أن يأخذ في الاعتبار مؤشرات مثل حـالـة المريض العصبيـة، أو ميلـه للمشروبـات الكحـوليـة. ولكن ليس من الضروري أن يشتمل البرنـامج على عبـارات مثل «القهـوة ضـارة لـلأعصـاب»، أو «يحتوي نوع من القهـوة على كافيين أكثر من نوع آخـر». فالجيل الحالي من البرامج لا يمـكنه استخدام هذا النـوع من المعلـومات، ونـأمل أن تستطيـع الأجـيال القـادمة مـــن البرامج استيــعاب مثــل هــذه المــعلومــات في قاعدــة المعــرفة بأنظمتهـا الخبيرة.

(د) بناء النسخة الأولى. يجب أن يكون عالم المعلومات ــ منذ البداية ـ على دراية بالمفردات والمصطلحات المستخدمة في مجال الخبرة، وذلك حتى يتمكن من تسجيل

الطرق التي يضعها خبير المجال لحل الحالات النمطية. ويعطـي هذا عالم المعلومات فكرة عن المؤشرات الأساسية للمجال، وخطوات التفكير والمنطقة، والاستراتيجيات الأولية المستخـدمة في المجـال لتناول المسائل، كما يـوضح لعالم المعلـومات كيف تتم الاستشارة عادة، والترتيب الذي يتم به جمع البيانات، فيمكن مثلاً أن تتم الاستشارة الطبية على النحو التالي:

- بيانات أساسية عن المريض.
- ما هي شكوى المريض؟
- ما هي الملاحظات الأولية للطبيب عن المريض؟
- التاريخ المرضي للمريض.
- نتائج أي فحوصات سابقة.
- التشخيص المبدئي.
- التوصية بإجراء فحوصات أو اختبارات أخرى.
- العلاج المقترح.

(هـ) تطـويـر النسخة الأولى. سرعـان مـا تحقق النسخـة الأولى أداء جيـداً في الحالات النمطيـة التي تأسس عليهـا بنـاؤهـا، لكن يظهر أيضـاً قصـور في قـدرات البرنامج لحل المسائل عنـدما يواجه مشاكل الحياة الحقيقيـة التي عادة ما تختلف كثيراً عن الحالات النمطيـة، وهنا يصبح من الضروري إجـراء تغييرات هـامة في البرنـامج للانتقال من النسخة الأولى إلى نسخة ثانية تكون أقرب إلى سلوك الخبير.

ويمكن اعتبار النسخـة الأولى كمجرد دراسة جدوى تهدف إلى توضيـح إمكانية كتابة برنامج يستخدم قـدراً كبيراً من المعرفة التخصصية في مجال محدد لتحقيق هدف ما. وبعد إعـداد النموذج prototype للعمل، يمكن إثبات نجـاحه بتجـربته على عدد من المسـائل، ويكون المتطلب الثاني ــ بعد نجاح التجـربة ـ جعل استخـدامه «طبيعيـاً» و«وديـاً». وجعل البرنـامج «طبيعيـاً» يعنـي جعل الحوار بين المستخـدم والبرنامج مماثلاً للحوار الإنساني المعتاد، مثل أن يوجه البرنامج أسئلته بطريقة متسقة

ومرتبة، وأن يكون لأسئلته علاقة بالموضوع. ومن المفيد هنا أن نذكر أن كثيراً ما يوجه الخبير البشري أسئلة لا علاقة مباشرة لها بالمسألة قيد البحث، ولكن تشكل مثل هذه الأسئلة جزءاً من الحوار والاتصال لتبادل المعلومات، ويمكن للبرنامج أن يتصرف بالمثل. وجعل البرنامج «ودياً» يعني أن الأسئلة التي توضع «من أي جانب» يجب أن تكون واضحة وبلغة مفهومة، وأقرب ما تكون إلى اللغة الطبيعية، مع إمكانية إضافة شرح أو أسئلة إضافية لجعل المعنى أكثر وضوحاً. كما يجب أن تكون إجابة البرنامج واضحة وألا تكون مختصرة جداً أو بشفرة، وألا يتطلب البرنامج من المستخدم مراعاة التفاصيل التقنية الدقيقة المتعلقة باستخدام الجهاز، كأن يضطره مثلاً إلى إنهاء كل سطر بالضغط على مفتاح معين بلوحة المفاتيح، وألا يتطلب البرنامج أن يكون المستخدم خبيراً في الحاسب الآلي. فمثل هذه المسائل يمكن أن تعالج بالوحدات البينية interface modules.

ويجب أن يكون البرنامج قادراً على إعطاء تفسيرات لسلوكه على مستويين اثنين، فأولاً يجب أن يكون قادراً على توضيح «دوافعه» لتوجيه السؤال وبهذا يبين للمستخدم ما يحاول أن يفعله، وثانياً يجب أن يكون قادراً على توضيح خط تفكيره المنطقي. ولهاتين القدرتين أهمية خاصة في كسب البرنامج لثقة المستخدم في أنه يعمل بطريقة صحيحة، وإعطاء الفرصة للمستخدم لنقده إذا دعت الحاجة لذلك. وتوفر بعض البرامج المتقدمة الفرصة للمستخدم لتسجيل انتقاداته للبرنامج حتى يمكن لمصممي البرنامج دراستها بتأنٍ في وقت لاحق. وتتراوح هذه الانتقادات بين اقتراحات لتحسين طرق استخدام البرنامج أو نقد لبعض القواعد المستخدمة مدعوماً بأمثلة مضادة. وأخيراً يجب أن يحتفظ كل نظام خبير بتسجيل لكل المسائل التي دخلت إليه، مما يفيد في إحصاء عمله ودراسة طرق تحسين أدائه. ثم إنه عند إضافة قوانين جديدة إلى البرنامج يجب القيام باختبار المسائل القديمة التي عالجها البرنامج في السابق بنجاح للتأكد من أنها لا تزال تحل بنجاح.

(و) الاحتفاظ باهتمام الخبير. لقد عانى الذكاء الاصطناعي لفترة طويلة من تنبؤات الباحثين المتفائلين الذين بالغوا في ادعاءاتهم عمّا يمكن للحاسب أن يقوم به

في الأمد القصير. . . ويجب التغلب على الشك السائد الـذي نجم عن ذلك بتطوير سريع لنمــوذج prototye برامج تبين أنـه يعمل فعلاً، حتى إذا كانت إنجـازاته لا تطـابق تماماً أهـدافـه الأصلية. وسيتحمس الخبير المشترك في البرنـامج عنـدما يـرى بعض طرق تفكيره الخاصة تمثّل في الحال في الآلة. وفي نفس الوقت، من المهم إبعاد المسـائل التقنيـة البحتـة المتعلقـة بنظم التشغيل ولغـات البرمجة . . . إلخ عن الخبير، فليس مطلوباً منه أن يصبح ضليعاً في الحاسـب الآلي، كما لا يوجد ما يحتم أن يكون عالم الحاسب الآلي خبيراً في مجال الخبرة. وفي جميع الأحـوال، يجب عدم انتقاد الخبير بسبب قصور منطقي في طريقة تفكيرة، فعادة ما يرجع هذا القصور إلى طبيعة المجال نفســه، بل وغالبـاً مـا يكون ظـاهريـاً فقط، لأنـه يمكن أن يخفي عدة خطـوات في عمليات التفكير لم يستطع الخبير الإنساني اكتشافها أو توضيحها.

(ل) تقويم البرامج. يمكن أن يتم ذلك من عدة وجوه مختلفة. . . فقد تتناقض وجهة نظر عالم المعلومات، الـذي يهدف أن يبين أن سرعة برنامجه تبلغ ضعف سرعة البرامج الأخرى، مع مستخـدمي البرنامج في المستقبل من عدة جـوانب، لأن لديهم معايير مختلفة تماماً. وحتى إذا ثبتت جودة البرنـامج بمقارنته بالبرامج الأخرى، يظل دائماً احتمال مقارنة أدائه بأداء الخبير البشري. ومن ناحيـة أخرى، يمكن لمستخدمي البرنامج الذين ليسوا خبراء معلومات أن ينتقدوا البرنامج لصعوبة استخدامه أو لأنه ليس سهلاً على الفهم. وفي حالة برنامج MYCIN لتشخيص أمراض الدم، لم يؤكد الخبراء سـوى ٧٥٪ فقط من نتـائجه الأولى، وقـد كـان هـذا مخيباً لـلآمـال. إلا أن المقارنات التالية التي قام بهاV.L.Yu(٧) لتشخيص مرض التهاب السحايا أظهرت أنه لم يكن هناك اتفاق أكبر من ذلك عندما روجع التشخيص الذي قامت به مجموعة من الخبراء بواسطة مجموعة أخرى. ولذلك كان الأداء الضعيف ظاهرياً للبرنامج هو نتيجة لعدم توفر الاتفاق بين الخبراء وليس لقصور أو فشل في البرنامج ذاته.

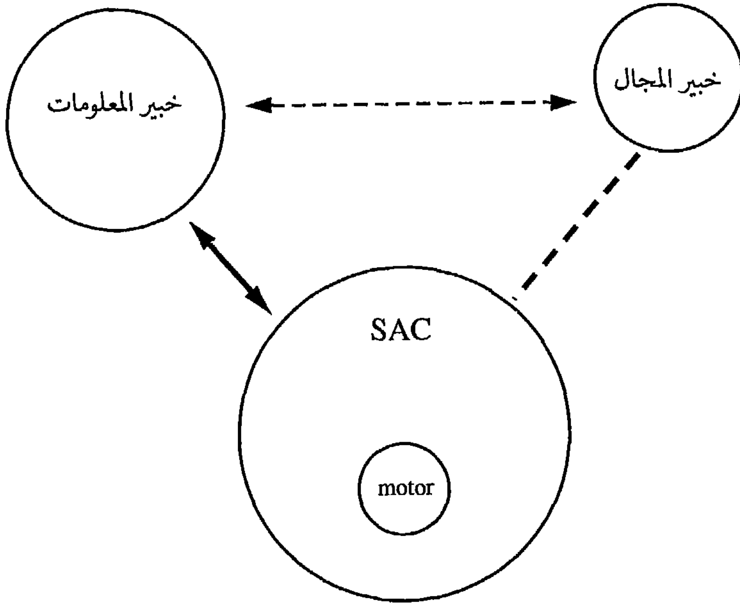
إن مقارنة البرنامج بالخبير البشري أكثر تعقيداً من مجرد حصر الحالات واستخراج نسبـة النجاح المئـويـة لكل منهما وذلك لعـدة أسبـاب: أولاً يجب يكون للحـالات مـوضع المقارنـة تشخيص صحيح ومتفق عليـه، أي أن يكون هنـاك إجماع من قبل

خبراء المجال حول تشخيص كل منها، فمثلاً في حالة الحوادث المحتملة الوقوع في محطات القوى النووية، يكون كل ما يمكن عمله هو محاكاة الحوادث التي وقعت فعلاً، والتي لها سجلات محفوظة. وهنا قد يكون للبرنامج ميزة يتمتع بها وهي كونه محصوراً في نطاق مجال محدد، بينما يكون للخبير البشري خلفية واسعة قد تقوده في التشخيص إلى افتراضات خارج نطاق المجال، وبالتالي قد يتبع مساراً خاطئاً قبل أن يتمكن من رؤية المسار الصحيح. وهكذا يكون الخبير البشري في وضع غير موات.

وأخيراً، فمن أسباب صعوبة المقارنة الموضوعية بين كفاءة النظام الخبير والخبير البشري أن البرامج المتوافرة اليوم ينقصها وسائل الإبصار والإدراك المتاحة للخبير البشري، وهي تحصل على المعلومات من خلال وسيط بشري قد لا يعطيها وصفاً موضوعياً للمشكلة، بل قد تتلون المعلومات التي يعطيها بتفسيراته ورؤياه الخاصة. ولو وضع الخبير البشري موضع البرنامج لحاد عن الطريق بسبب الظروف غير المألوفة التي سيعمل فيها.

الأنظمة الخبيرة ونقل الخبرة

إن المجالات التي تكون فيها الأنظمة الخبيرة ذات قيمة كبرى هي تلك التي تتسع فيها مساحة الحل لدرجة تحتم طلب مساعدة خبير بشري ليجعل معرفته وخبرته متاحة لعالم المعلومات في عدد من الجلسات المشتركة. وفي بعض حالات بسيطة وقليلة وجد أنه من الممكن بناء برامج أنظمة خبيرة من أمثلة وحالات لها حلول معروفة (انظر الفصل التاسع عشر). ويكون من الضروري ـ في معظم الأحيان ـ سؤال الخبير البشري عن طريقته في العمل، والاستراتيجية التي يستخدمها، و«حيل الصنعة»، التي اكتسبها تدريجياً من خلال الخبرة والتي لا يكون في معظم الأحيان مدركاً لها. وعادة ما يتم ذلك على مرحلتين: فيتم أولاً نقل المعرفة من خبير المجال إلى عالم المعلومات، ثم من عالم المعلومات إلى البرنامج المراد استحداثه (انظر شكل ١٥ـ٤).



شكل ١٥ ـ ٤ رسم كلاسيكي لنقل الخبرة

وعادة ما ينسى خبير المجال بعض مـواد المعرفة، أو يحذف بعض الخطوات التي يتبعها في عملية التفكير في حل المسائل، ويكتشفها تدريجياً عالم المعلومات. كما قد يعطي خبير المجال بعض القـواعد الخاطئة، والتي يجب أن تصحح فيما بعـد. وهنا، تكون الفائدة العظمى لبرامج التدقيق ـ وتسمى عادة برامج اكتساب البيانات data-acquisition programs ـ لأنها تسـاعد على كشـف الأخطـاء في قاعـدة المعـرفة في الحال، حتى قبل البـدء في اختبار البرنـامج، وهناك عدة بـرامج أدواتية استحـدثت لهذه الغاية واستعملت في بعض الأنظمة الخبيرة.

ويمكن تبسيط مـراجعة قـواعد المعـرفة بـاستخدام صيـاغة واضحـة تغني عن الحاجة للتمكن من لغـة برمجة معينة. ففي بـرنامج ROSIE[٨] على سبيل المثـال، يمكن التعبير عن القوانين بصيغة تشبـه اللغة الطبيعية، كما هو موضح بـالمثال التالي حيث نضع خطاً تحت الكلمات المفتاحية:

إذا كان هناك نظام تشغيل
الذي يعمل على جهاز معروف
وله رسالة حث PROMPT معروفة
ومن نوع غير معروف
إذن نستنتج نوع نظام التشغيل
وارسل («هذا هو نظام» نوع ـ النظام)
إلى المستخدم

ويمكن استخدام التمثيل الداخلي للقوانين نفسها لتـوليد جمل باللغة الطبيعية، ويجعلها ذلك واضحة ومفهومة، خاصة بالنسبة لخبير المجال الذي نادراً ما يكون من علماء المعلومات:

لذلك فإن القاعدة في نظام EMYCIN تأخذ الشكل التالي بلغة «ليسب»[٩]:

```
PREMISE: (SAND (SAME CNTXT AGE ADULT)
        (SAME   CNTXT   LEAVES-YELLOWING)
        (SAME   CNTXT   STEM-COLOR-ABNORMAL)
ACTION : (CONLUDE   CNTXT  DIAGNOSTIC TALLY ((FU SAR
          IOSE 400
        (VERTICILLIOSE 400))))
```

ومن هذه القاعدة يمكن توليد الجمل التالية للتعبير عن معناها : إذا كان «عمر» النبات نـاضجاً وهناك اصفـرار في الأوراق، وإذا كان لـون الساق غير طبيعي : إذن فالتشخيص المحتمل هو

FUSARIOSE (0.4) VERTICILLIOSE (0.4)

ومن الصفات الهامة الأخرى في بـرامج اكتساب البيانات DATA ACQUISI-TION PROGRAMS هي قدرتها على اكتشاف التفاعلات والتناقضات في القوانين والقواعد، فليس من المستبعـد على الخبير أن يريد إضافة قاعدة جـديدة إلى البرنامج ونسى أن في البرنامج قاعدة مشابهة منذ فترة طويلة، وعند اكتشاف ذلك يجب اتخاذ

قرار سريع إما بحذف واحدة منهما، أو استبدالهما بقاعدة جديدة. ويستطيع برنامج EMYCIN مثلاً اكتشاف القواعد المتشابكة مثل:

قاعدة -١ إذا كانت أ و ب إذن س.

قاعدة -٢ إذا كانت أ و ب و ج إذن ص.

فكلما نشطت قاعدة -٢ تنشط قاعدة -١ أيضاً، وهذه رسالة موجهة من البرنامج إلى المستخدم تدعوه للتفكير في هذه المشكلة لفض هذا التشابك.

ما وراء المعرفة Metaknowledge

نقصد بها وراء المعرفة «المعرفة حول المعرفة»، وهي مستوى ثانٍ للمعرفة مبني على المستوى الأول. والفرق بين المستويين ليس دائماً واضحاً جداً. وقد أدت صعوبة تمثيل ما وراء المعرفة إلى استخدام كثير من العاملين في المجال نفس طرق التمثيل المستخدمة في أنواع المعرفة الأخرى. وقد تكون ما وراء معرفة شخص ما هي نفسها معرفة شخص آخر. وهكذا يتضح أن مفهوم ما وراء المعرفة هو مفهوم نسبي، وأن عدد المستويات اختياري. وتكون أعلى مستويات ماوراء المعرفة في برنامج ما بمثابة «إداكه» للمعرفة الممثلة داخله.

فلننظر إلى القواعد التالية:

م -١ عندما يمكن استخلاص عدة استنتاجات، خذ أولاً أحدث هذه الاستنتاجات.

م -٢ لا يعرف البرنامج شيئاً عن علم النبات.

م -٣ إذا كان الفصل شتاء، حاول أولاً قواعد تشخيص الانفلونزا.

تحتوي برامج قليلة على معرفة من نوع م -١، لأنه نادر ما يحتفظ البرنامج بتاريخ القاعدة أو الاستنتاج. أما المعرفة من نوع م -٢ فلا تستخدم في البرامج، لأن مصممي البرامج يفضلون عادة استخدام المعرفة الإيجابية لا السلبية، كما أن قائمة الأشياء التي يجهلها أي برنامج قائمة طويلة بل لا منتهية. وأخيراً يمكن أن يتضمن

برنامجاً للتشخيص الطبي قاعدة مثل م ـ ٣ على نفس مستوى قاعدة «إذا كان المريض يرتعش، فهناك احتمال إصابته بـالأنفلونزا»، ولكنه مع ذلك تختلف في أنها لا تعطي النتيجة، كما تفعل القواعـد التشخيصية، ولكنها تقترح ببساطة تـرتيباً يتم به تطبيق القواعد. ولهذا تكون على مستوى أكثر عمومية من القواعد التشخيصية نفسها.

ومن المعتاد اليوم، وضع المعـرفة التي يعطيها خبير المجال في ثلاثـة مستويات: معرفة الحقائق Factual knowledge ، ومعرفة تجريبية heuristic knowledge، وما وراء المعـرفة metaknowledge . ويوضح المثال التالي ـــ من جيولوجيا البترول ـ مستويات المعرفة المختلفة:

معرفة الحقائق: Carboniferous precedes permian.

المعرفة التجريبية: إذا وجدت منطقة تحتوي على graptooliths، فمن المحتمل أن تكون Silurian أو Ordovician.

الأولى ـ أعلاه ـ هي حقيقة يقبلها جميع الجيولوجيين. والثانية هي قاعدة للتفكير يقرها المختصون أيضاً، ولكنها رغم ذلك استقرائية بطبيعيتها، فهي يمكن أن تعدّل إذا وجد الجيـولوجي graptoliths في منطقة تعـود لعصر مختلف. أما الثـالثة، فهي قاعـدة سلوكيـة تتمثل في نصيحة تتعلق بترتيب استخـدام مواد المعـرفة. ويمكن أن تختلف من جيولوجي لآخر، وفقاً للتوافر النسبي لمصادر المعلومات المختلفة.

ومن الضروري تمثيل المعـرفة على مستـويات مختلفـة عديـدة، خاصـة عند بنـاء البرامج الكبيرة جداً التي قد تحتوي على آلاف القواعد.

أدوات وصياغة الأنظمة الخبيرة

Tools and formalism for expert systems.

هنـاك عدة لغـات برمجة يمكن استخـدامها لصيـاغـة قواعـد المعرفـة بالأنظمـة الخبيرة، وفيما يلي جدول يقسم هذه اللغـات إلي ثلاثة أقسام، وفقاً للقـواعد المنطقية المستخدمة:

جدول ١٥ ـ ١ لغـات البرمجة المستخدمة بالأنظمة الخبيرة مصنفة طبقـاً للقواعد المنطقية :

١ ـ منطق المستوى الأول

Language	Author(s)	Place
PLANNER	Hewitt(11)	MIT
PROLOG	Rousse(12)	Marseille
	Colmerauer(13)	Marseille
	Warren(14)	Edinburgh
SNARK	Lauriere(15)	Paris VI
FOL	Weyhrauch(16)	Stanford
TANGO	Cordier(31)	Orsay

٢ ـ القواعد الإنتاجية Production Rules

EMYCIN	Van Melle(9)	Stanford
OPS	Forgy(17)	Carnegie-Mellon
EXPERT	Weiss(18)	Rutgers
KAS	Reboh(19)	SRI - Int.
RAINBOW	Hollander(20)	IBM Palo Alto
ARGOS-II	Farreny(21)	Toulouse

٣ـ الشبكات الدلالية ، الكيانات :

Language	Author(s)	Placc
KRL	Bobrow, Winograd(22)	Xerox PARC
OWL	Szolovits(23)	MIT
UNITS	Stefik(24)	Stanford
FRL	Roberts(25)	MIT
AIMDS	Sridharan(26)	Rutgers
KLONE	Brachman(27)	BBN
ORBIT	Steels(28)	Schlumberger
HPRL	Rosenburg(29)	Hewlett-Packard
LOOPS	Bobrow, Stefik(32)	Xerox PARC
KEE	Kehler(33)	IntelliCorp

أوجه قصور الأنظمة الخبيرة الحالية

البرامج الحالية سطحية جداً. إن القصور الرئيسي في برامج الأنظمة الخبيرة الموجودة اليوم يتمثل في انعدام تمثيل البنية العميقة للعلاقات التي توجدها بين الظواهر المختلفة. فبرنامج مثل MYCIN يكون فعالاً جداً عندما يتعلق السؤال بارتباط أعراض ما بتشخيص معين، أو بتفسير معلومات عن مزرعة بكتريا. . إلخ، ولكنه لا يحتوي على نموذج لتركيب الدم، أو عملية التجلط، أو أي معرفة على الإطلاق بدور القلب في الدورة الدموية. ولا يمنع هذا النقص البرنامج من التوصل

إلى التشخيص الصحيح في الأحوال العادية حيث يسير كل شيء بشكل مرضي، ولكنه يظهر قصوراً شديداً إذا ظهر تناقض بين الفروض المختلفة للتشخيص، وهنا يظهر بوضوح تفوق الخبير البشري على البرنامج. ولا يمكن حل التناقض بين الفروض المختلفة بتقويم بسيط لدرجات استحسان كل فرض، بل يتطلب الأمر دراسة أعمق لأسباب الظاهرة الملحوظة.

التدهور السريع في الأداء. . يتدهور البرنامج في الأداء عندما يواجه مشكلة خارج مجال إدراكه، الذي عادة ما يكون محدوداً، كما يتدهور الأداء لعدم قدرة البرنامج على استخدام «الحس السليم common sense» لاستنتاج البيانات الناقصة. بينما يملك البشر قدرة تفكير عامة أكبر وفهم أعمق للمسائل. ويمكنهم ذلك من التعامل مع تلك المواقف مع أن أداءهم يتدهور، ولكن ببطء أكثر، في تلك الحالتين.

الوصلات البينية لا تزال غير متطورة. لا تزال مشكلة فهم اللغة الطبيعية عسيرة على الحاسب، مما يشكل مصدر صعوبة للمستخدم. إلا أن من المحتمل تحسن هذا الوضع في المستقبل القريب نتيجة للتقدم في تطوير البرامج البينية باللغة الطبيعية لقواعد البيانات.

صعوبة تعديل الاستراتيجية. لقد قيل من قبل أن الاستراتيجيات المستخدمة في تفسير قاعدة المعرفة هي دائماً مبرمجة، وعلى هذا فهي ذات طبيعية إجرائية، ولكن يكمن في هذه الاستراتيجيات جزء من الخبرة التي يفضل أن تمثل بواسطة القواعد الإنتاجية حتى يكون تعديلها وتطويرها أكثر سهولة. وقد كان استخدام ما وراء القواعد mata-rules في برنامج TIRESIAS(٣٠) خطوة ـ يجب أن تتبعها خطوات ـ في هذا الاتجاه.

الاستدلال ليس من نوع واحد. إن للإنسان مقدرة غير عادية على التوافق مع الموقف السائد، واستخدام استراتيجيات مختلفة وفقاً لهذا الموقف. بينما لا تستطيع الأنظمة الخبيرة المعتمدة على القواعد الإنتاجية أن تختصر إجراءاتها المعتادة في الحالات الخاصة التي تستدعي ذلك. ويمكن لبعض الخبراء البشريين اتخاذ قرارات

فورية لمجرد تعرفهم على شيء في الموقف الذي يـواجههم يذكرهم بموقف سابق، ولا يحتاجـون في هذه الحالة إلى اللجوء لعمليـة وضع الافتراضات واختبارهـا كما يفعلون في الأحوال المعتادة.

ونعطي في الفصلين التـاليين أمثلة عـديـدة لأنظمـة خبيرة في التطبيقات الطبيـة والصناعية.

المـراجع والحـواشي

(١) تعتمد المنـاهج العامـة للاستـدلال بشكل أساسي على عمليـة التصور على مستوى أعلى من مستوى المشكلة المطروحة للحل .

(2) McCorduck, P. (1979), Machines who think, freeman, San Francisco.

(3) Feigenbaum E. A., Buchanan B.G., Lederberg J. (1971), "On generality and problem solving: a case study using the DENDRAL program." Machine Intelligence, Vol. 6, Meltzer & Michie (eds.) New York, Elsevier, New York, pp. 165-190.

(4) Kuhn T. The Structure of Scientific revolution, 2nd edition, Chicago, University of Chicago.

(5) Barstow D., Buchanan B.G., (1981), "Maxims for knowledge engineering", Stanford University Memo, HPP-81-4.

(6) Buchanan B.G., Duda R. (1982) "Principles of rule-based expert systems," Stanford University memo, HPP-82-14.

(7) Yu V.L., Fagan L.M. et al. (1979), "Antimicrobial selection by a computer: a blinded evaluation by infectious disease experts", J. Amer

Med. Assoc. 241-12, pp. 1279-1282.

(8) Fain J., Hayes-Roth F., Sowizral H., Waterman D. (1981), "Programming Examples in ROSIE, Rand Corporation", Technical Report, N-1646-ARPA.

(9) Van Melle W. (1980), "A domain-independent system that aids in constructing knowledge-based consultation programs," Ph.D. dissertation, Stanford University, Computer Science Department, STAN-CS-80-820.

(10) Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B. (eds.) (1983), Building expert systems, Reading, Mass., Addison-Wesley.

(11) Hewitt C. (1972), "Description and theoretical analysis (using schemata) of PLANNER: a language for proving theorems and manipulating models in a robot," Ph.D. Thesis, Department of Mathematics MIT.

(12) Roussel P. (1975), PROLOG, Manuel de reference et d'utilsation, Marseille, Groupe d'Intelligence Artificielle, U.E.R. de Luminy, Universite d'Aix-Marseille.

(13) Colmerauer A., Kaoui H. (1983), "Prolog, bases theorique et development actuels", RAIRO/TSI, Vol. 2, No. 4, pp. 271-311.

(14) Warren D., et al. (1977), "PROLOG: The language and its implementation compared with LISP", Proc. SIGART/SIPLAN symposium on programming languages, Rochester, N.Y.

(15) Lauriere J.L., Introduction a L'intelligence artificielle (in preparation).

(16) Weyhrauch R. W. (1980), "Prolegomena to a theory of mechanized formal reasoning", Artificial Intelligence, 13, 1-2, April 1980.

(17) Forgy C., McDermott J. (1977), "OPS, a domain-independent production system language," Proc. IJCAI-77, pp. 953-939.

(18) Weiss S., Kulikowski C. (1979), "EXPERT: A system for developing consultation models," Proc. IJCAI-79, pp. 942-947.

(19) Reboh R. (1981), "Knowledge engineering techniques and tools in the prospector environment" Tech. Note 243, artificial intelligence Center, SRI International, Menlo Park, CAI, June 1981.

(20) Hollander C.R., Reinstein H.C. (1979), "A knowledge-based application definition system", Proc. IJCAI-79, pp. 397-399.

(21) Farreny H. (1981), "Un systeme de Maintenance automatique d'interrelations dans un systeme de production", Congres de reconnaissance des formes et intelligence artificelle, Nancy, pp. 751-761.

(22) Bobrow D. Winograd T. (1977), "An overview of KRL, a knowledge representation language", Cognitive Science 1, 1, pp. 3-46.

(23) Szolovits P., Pauker S.G. (1978), "Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis", Artificial Intelligence 11, pp. 115-144.

(24) Stefik M. (1979), "An examination of a frame-structured representation system," Proc. IJCAI-79, pp. 845-852.

(25) Roberts R.B. Goldstein I.P. (1977), "The FRL primer", MIT AI Lab Memo 408.

(26) Sridharan N.S. (1980), "Representational facilities of AIMDS: a sampling", Tech. Report No. CBM-TM-86, Dept. of Computer Science, Rutgers University.

(27) Brachman R.J. (1977), "What's in a concept: structural foundations for semantic networks," Int. Jnl Man-Machine Studies 9, pp. 127-152.

(28) Steels L. (1982), "An applicative view of object oriented programming", European Conference on integrated interactive computing systems, stresa, Italy.

(29) Rosenberg S. (1983), "HPRL: a language for building expert systems," IJCAI-83, Karlsruhe, August 1983, pp. 215-217.

(30) Davis R. (1977), "Knowledge acquisition in rule-based systems: Knowledge about representation or a basis for system construction and maintenance," in pattern-directed inference systems, Waterman Hayes-Roth (eds.).

(31) Cordier M.O., Rousset M.C. (1984), "TANGO: moteur d'inferences pour un systeme expert avec variables", Quatrieme Congres de Reconnaissance des frames et intelligence artificielle, Paris.

(32) Bobrow D.G., Stefik M. (1983), The LOOPS manual, Xerox PARC, Palo Alto.

(33) Kehler T.P., Clemenson C.D. (1984), "An application system for expert systems," systems and Software, pp. 212-224.

الفصل السادس عشر
الأنظمة الخبيرة في الطب وعلم الأحياء

مقدمة

يعتبر الطب مجالا مفضلا لبناء الأنظمة الخبيرة، ولهذا السبب قد خصصنا فصلا خاصا له. وقد كانت التطبيقات الأولى للحساب الآلي في الطب تختص بعمل سجلات المرضى، بهدف تحسين الإدارة وجمع معلومات أكثر عن الأمراض [١]. وغالبا ما يعطي تاريخ الحالات المرضية مادة لقواعد البيانات يمكن استخراج نتائج إحصائية طبية منها، مثل احتمال شفاء المرضى دون الأربعين من سرطان المعدة خلال خمس سنوات.

وقد عولجت مؤخرا مشكلة المساعدة في التشخيص الطبي بأحد طريقين، إما باستخدام قواعد البيانات المتوفرة من قبل لاستقراء علاقات هامة ودالة بين الأمراض والتشخيصات بتطبيق طرق خوارزمية ورياضية، أو كما حدث مؤخرا باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي كالأنظمة الخبيرة، ونعطي في هذا الفصل وصفا موجزا للنوعين الأولين من الطرق المتبعة، كما نبين أوجه قصورها مما يوضح أهمية المنهجية الحديثة المعتمدة على الأنظمة الخبيرة.

هناك أسباب عديدة للتعاون الذي نشأ بين الأطباء وعلماء المعلومات في السنوات الأخيرة، من بينها أن كثيرا من التقارير قد أظهرت شيوع الأخطاء في التشخيص ووصف المضادات الحيوية، مع ما ينتج عن ذلك من تكاليف باهظة للمجتمع سواء من الناحية الصحية أو الاقتصادية، وسريعا ما نشأت فكرة أن الحاسب لا يعاني من الضعف الإنساني كالنسيان بسبب الإرهاق، أو الفشل لعدم تدبر تشخيص معين،

ولذلك قد يكـون أداء الحاسب أفضل في تفسير البيانات الطبية عنـدما يكون لاهتمام الطبيب الشخصي دور أقل.

وقد استخدمت في المحاولات الأولى في هذا الاتجاه طـر ق إحصائية وخوارزمية، ربما لأنها كانت الطرق الوحيدة المتاحة في الستينات، ولكن سرعان ما أصبح قصورها واضحا كالشمس.

الطرق الرياضية Mathematical methods

لقد استخـدمت طرق التصنيف لتحـديد التشخيص الطبي الأكثـر احتمالا بناء على مجموعة من الملاحظات [٤]، ولهذا استحدث برنامج يصنف الكيانات بحسب وجود أو غياب علامات أو أعراض معينة، وتعتمـد هذه الطريقة على انتقاء مجموعة من الكيانات (وفي حـالتنا هذه تكون مجموعة من المرضى) يكـون توزيع كل منها بين الفئات معروفا ومحددا، ويمكن وصف الفئة كمتجه x = (x1, ...xn)vector حيث x1 هي المعايير الميزة ويكون لوظيفة التمييز الشكل التالي:

$$P(D/x) = \sum_{j=1}^{n} a_j x_j$$

(ترمز P هنا للمريض، D للتشخيص و X للأعراض المميزة ـ المترجم)

حيث تستمــد aj من دراسة مجمـوعة كبيرة من المرضى. وتحسب الـوظيفة لكل مريض جديد لتحـديد ما إذا كان ينتمي لفئة معروفـة من قبل ـ أو بمعنى آخر ما إذا كـان التشخيص يطابـق حالـة المريض بـدرجة كـافيـة أم لا. وتتمثل صعـوبة هـذه الطريقة في ايجاد عينة كافية من المرضى لاستخراج قيمة aj منها، والتى هي الأساس لتحديد المرض الذي يعاني منه المريض.

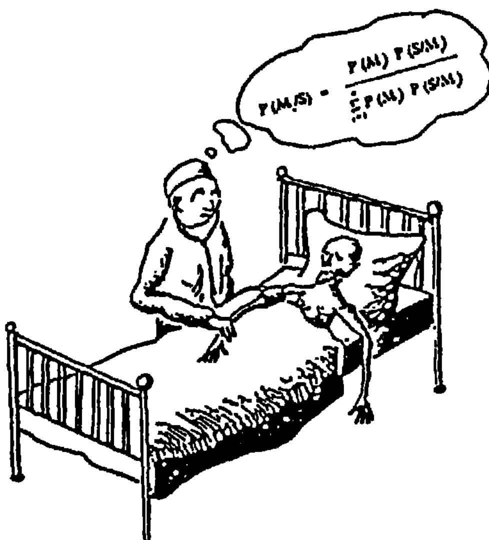
وهـناك طـريقة خوارزميـة أخـرى بسيطـة تعتمد على استخدام شجـرات القرار decision trees، حيث تمثل كل عقدة سؤلا، تؤدي الإجابة عليه إلى عقدة أخرى، وهكذا حتـى نصل إلى أوراق الشجرة الطرفيـة التي تعطى التشخيص، وتتميـز هذه الطريقة ـ من وجهة نطر علماء المعلومات ـ ببساطة التشغيل، ولكنها تعانى من اثنين

من المساويء الخطيرة، احتمال عدم قدرة المريض على الإجابة عن سؤال معين يتطلب إجابة صريحة (قد يعرقل عدم توافره البرنامج)، وصعوبة تعديل الشجرة عند اكتشاف أخطاء في المعرفة أو عندما تتوافر معلومات إكلينيكية أفضل.

وتسمح الطريقة البيسية Bayesian [٦،٥] بحساب احتمال إصابة المريض بمرض معين، من خلال مقارنة الأعراض التى تلاحظ على المريض بالتكرار النسبي للأعراض المختلفة في كل حالة إصابة نمطية لهذا المرض، فاذا كانت P (s/mi) تمثل احتمال ملاحظة أعراض S في مريض يعاني من مرض Mi ، و P (Mi) يمثل الاحتمال الأقوى للإصابة بمرض Mi في الأشخاص المعنيين، إذن إذا لوحظت أعراض S في مريض ما ، فإن احتمال إصابته بمرض Mi يكون كالتالي :

$$P(mi/s) = \frac{P(mi)p(s/mi)}{\sum_{i=1}^{n} P(mi)p(s/mi)}$$

وللطريقة البيسية قصور في مجال الطب للأسباب التالية :



شكل ١٦ ـ ١ تشخيص طبي بالطريقة البيسية

(١) عدد عناصر الاحتمالات المشروطة إلتي تكون في النـاحية اليمني من القواعد كبير جـدا ونـادرا ما تعـرف بـدقـة، كما أن الحاجـة لاستخدام البـدائل الافتراضيـة للبيانات الناقصة يقلل من دقة النتائج .

(٢) تفترض القواعد أن الأمراض ينفي بعضها بعضا mutually exclusive وأن جميع الاحتمالات أخذت في الاعتبار، وهذه افتراضات نادرا ما تتواجد في الواقع .

(٣) من الصعب تبرير القرار إذا ورد ما ينقضه، بخلاف عرض مصفوفة الارتباط بين الأعراض والتشخيص، وينطبق هـذا النقد على كل المناهج المعتمـدة على الطرق الإحصائية .

ويـوضح شكل ١٦ ــ ١ التشخيص الطبي البيسي في العمل، ولكن يمكننـا أن نؤكد أنه لا يمثل الطريقة التى يعمل بها الأطباء في الواقع .

الطرق الوسيطة بين الرياضيات والذكاء الاصطناعي

يمكن تحليل قواعد البيـانات ـ بالإضافة إلى الطـرق المعتمدة على الأنظمة الخبيرة ــ للتنبؤ بتطـور المرض والتوصيـة بالعـلاج . ويستخدم هـذا المنهج تسجيلا لتطـور الحالات المرضيـة على مـدى فترة من الـزمن ولعــدد من المرضى لقيم المعـامـلات الاكلينيكية الـدالة، عـوضا عن الاستنتاج والاستقـراء اللذين يستخـدمهما الأطباء . ومثـال ذلك مشروع ARAMIS (٧) لجون فريز بجامعة ستانفورد، فكلما فحص الطبيب مريضا، ينتقـي عددا من المؤشرات ليدخل بها إلى قاعـدة البيانات ليستفسر عن حالة مماثلة لمريض أو مجموعة مرضى سبق تشخيصهم وسجل لهم العلاج وتقدم المرض، مما يوحي للطبيب بالعلاج المقترح لمريضه .

ويوفـر لنا هذا المنهج استـدلالا شبه آلي باستخـدام التماثل في قواعد البيـانات، ويعتمد نجـاح هذا المنهج على الاختيار الصحيح للمؤشرات التى تبحث في قـواعد البيانات، وقد جرت عدة محاولات، مثل محاولة روبرت بلوم Robert Blum (٨)، لوضع قواعد لترشيد هذا الاختيار معتمـدا على تحليل إحصائى لقواعد البيانات، مع ما في ذلك من مخاطرة فقدان الثقـة نتيجة لبيانات ناقصة أو خـاطئة . أما في الانظمة

الخبيرة، فلا تسمح بمثل هذه الأخطاء لأن الطبيب ذا الخبرة سيبعد أي تناقضات يجدها مستخدما قوة تفكيره الخاص للوصول إلى القواعد العامة، ومع ذلك، فقد يعطي التحليل الإحصائى مؤشرات قيمة للترابطات.

الأنظمة الخبيرة

إن ما يميز الأنظمة الخبيرة عن كل ما سبقها من برامج أنها لا تتطلب أن نقرر سلفا الكيفية التى يستخدم بها البرنامج المعرفة الموجودة به، ويشكل هذا تناقضا تاما لطرق البرمجة التقليدية.

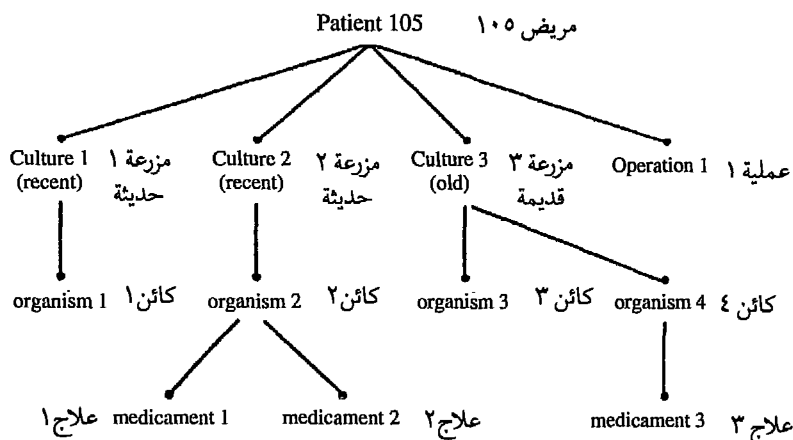
وأكثر الأنظمة المعروفة، هي: مايسين MYCIN (٩)، وبيب PIP (١٠) و IN-TERNIST/CADUCEUS (١١)، VM (١٢)، CAsnet/Expert (١٣، ١٤)، وكذلك PuFF (١٥) و IRIS (١٦) وجميعها كتبت بعد عام ١٩٧٣. وتختلف هذه الأنظمة في استخدامها للصياغة الصورية لتمثيل المعرفة المتضمنة، فيستخدم بعضهم القواعد الإنتاجية، والبعض الشبكات الدلالية والآخر «الإطارات» frames، كما يختلفون أيضا في تحديداتهم لمدى الارتباط بين العلامات والأعراض من جهة والتشخيص من جهة أخرى، وهناك أيضا اختلافات في الاستراتيجيات المستخدمة، فبعضها يسعى للتوصل إلى تشخيص يتعدى احتمال صحته نسبة معينة محددة مسبقا، بينما يزيد الآخرون الفروق بين التشخيصات المحتملة مستخدمين استراتيجيات خاصة لهذا الغرض، وأخيرا تختلف الأنظمة الخبيرة في قدرتها على شرح وتبرير عملها، وهي صفة ضرورية لكسب ثقة الأطباء وأولئك الذين سيستخدمونه.

ويصف الجزء التالي الأنظمة الخبيرة الأساسية في المجال الطبي:

مايسين MYCIN

إن الهدف من هذا النظام الخبير هو تشخيص الأمراض المعدية خاصة عدوى الدم والسائل السحائى، ويحاول التعرف على البكتريا المسؤولة عن المرض واقتراح العلاج والجرعة المناسبة، والموقف المعتاد هو أنه عندما تظهر علامات على مريض،

نأخذ منه عينـة من الدم أو البول ونجري لها مزرعة، ثم نعبر عن المعلـومات المستقاة في شكل قواعد إنتـاجية (انظر الفصل الثاني عشر) والمرتبطـة بعدد من المواقف المرتبة هرميـا في شكل شجـرة تركيبية، انظـر المثال في شكل ١٦ ـــ ٢. ويتعلق هـذا المثال بمريض أخذ له ثـلاث مزارع (واحدة قديمة واثنتان حديثتـان)، وأجريت له عملية واحدة وعـزل كائن عضوي في كـل من المزرعتين الحديثتين ولكن المريض مازال تحت العلاج لواحـدة منها، وعزل كائنين عضويين في المزرعة القـديمة وأعطى دواء واحدا لذلك، وتتعدى أهمية هذه الشجرة مجرد التعبير لمشكلة التشخيص إلى العمل كمتغير



شكل ١٦ ـ ٢ شجرة السياق MYCIN

(بـالمعني الريـاضي) حيث تساعـدنـا في الرجـوع إلى التكرارات المختلفـة لنفس المفهوم.

وتظهر القواعـد المستخدمة في البرنامـج بسهولة في صورة تشبـه اللغة الطبيعية، فإذا أدخلنـا إلى البرنامـج طق ٣٧ بمعنى نريـد طبـاعة قـاعـدة رقم ٣٧، يستجيب مايسين لهذا الأمر بطباعة الآتي:

قاعدة ٣٧:

إذا ١ ـ نوع الميكروب غير معروف و.

٢ ـ الميكروب سالب Gram-negative و

٣ ـ الكائن على شكل «قضيب» و

٤ ـ الميكروب حيهوائى (لا يعيش إلا بوجود الأكسجين)

إذن: هناك احتمال قوي (٨و٠) أن الميكروب من نوع «enterobacteriacae».

ويبين هذا المثال أن ما يسين يحسب المعاملات coefficients ليبين درجة احتمال النتائج، وتترابط هذه النتائج بالطريقة التي أوضحناها في الفصل الثاني عشر عند مناقشة الاستدلال غير المؤكد fuzzy reasoning وقد كان مايسين برنامجا رائدا بين الأنظمة الخبيرة المساعدة للتشخيص الطبي، ورغم عدم استعماله في المستشفيات كان له تأثير قوى في البحث عن طرق تمثيل طرق الاستدلال التى يستخدمها الخبراء في الفروع المختلفة، حتى خارج مجال الطب أيضا، وقد كان لما يسين الفضل في تقبل العلماء فكرة فصل قاعدة المعرفة عن المفسر، كما استخدم ما يسين أيضا في تدريس طلبة الطب ليبين لهم طرق الاستدلال التي يتبعها في التوصل للتشخيص.

برنامج المرض الحالي Present Illness Program (PIP)

طور هذا البرنامج في MIT لتشخيص أمراض الكلى. وتمثل المعرفة فيه على شكل كيانات هرمية (انظر الفصل الثالث عشر)، ونعطي مثالا لها في شكل ١٦ـ٣. ويمكن للكيان أن يكون له عدة أنواع من الملامح، يؤدي بعضها إلى جعل الكيان موضع نظر (يصبح نشطا)، والبعض يوصي بجعله نشطا (يصبح شبه نشط)، وهناك ملامح أخرى تجعله مستبعدا (أي غير نشط)، وعند معالجة الكيانات، يتركز اهتمام البرنامج على الكيان النشط ويختبره، ويتحول الاهتمام إلى الكيان الشبه نشط عندما يتوقف الكيان الأول عن كونه نشطا. ويمكن أن تتغير حالة الكيان أثناء اختبار كيان آخر، إما بسبب أن وجود أحدهما يلغي وجود الآخر، أو لأنهما متممان لبعضهما.

المسبب: استسقاء = وجهي أو مداري

غير مؤلم

متماثل

غير روماتيزمي

يؤكد ب: ضعف واختناق

تسبب ب: تلوث Streptococal حديث

أسباب: استبقاء الصوديوم، ضغط الدم المرتفع، تضخم الكلى glomerulitis.

اسباب المضاعفات: فشل كلوي حاد

المضاعفات: التهاب النسيج الكلوي callulitis

التشخيص المميز: ضغط دم مرتفع ومزمن يدل على glomerulitis ورم متكرر يدل على استسقاء

ألم بالبطن يدل على Henoch-Schonlein Purpura

شكل ١٦-٣ جزء من الكيان Acute,glomerulonephritis في PIP

برنامج INTERNIST/CADUCEUS

طوّر هذا البرنامج في جامعة بيتسبرج، ويتضمن معلومات عن ما يقرب من ٣٥٠ تشخيص في الأمراض الباطنية، ويؤخذ في الاعتبار ما يقرب من ٥٠٠٠ من الأعراض والعلامات.

وتمثّل قاعدة المعرفة بهذا البرنامج في صورة تصنيف بنيوي للأمراض. وهناك روابط في اتجاهين بين الأمراض والملاحظات، وتشمل الملاحظات الأعراض المرضية والعلامات والبيانات الإكلينيكية، ويحدّد درجة قوة لكل رابطة، ويعبر عن الاتجاه بالطريقة التالية «الملاحظة توحي بالتشخيص» بدرجة قوة تتراوح من صفر إلى خمسة، أو «التشخيص يفترض الملاحظة» ولها درجة قوة من ١ إلى خمسة، وتمثل درجة القوة هذه مدى اطراد الارتباط بين الملاحظة والمرض.

إن طـريقــة التحكم في INTERNIST/CADUCEUS غير معتــادة، مـن حيث اعتمادهـا على التشخيص المميز بـالـدرجة الأولى، فهـو ينظر إلى فـرضيتين على أنهما متنافستان إذا كان كلاهما (باعتبـارهما فرضية واحدة) لا يفسران مجتمعين ملاحظات أكثر مما تفسره كل منهما منفردة، وهناك ثلاثة مبادىء استراتيجية كما يلي :

(١) الاستبعـاد : إذا كـان التنـافس بين أكثـر مـن أربع فـرضيـات، ابحث عن الملاحظات السلبية التى تمكن من تخفيض عدد الفرضيات المتنافسة .

(٢) التمييز: إذا تراوح عدد الفرضيات المتنافسة بين ٢ و ٤، ركز على الفرضيتين الأعلى وابحث عن معلومات يمكن أن تعطيهما درجات مختلفة .

(٣) المتـابعـة : إذا بقـي تشخيصـان اثنـان بعـد استبعـاد البــاقي، ابحث عن معلومات لتصل بالفرق بين درجاتهما إلى حد معين .

برنامج Ventilator Manager (VM)

استحدث هذا البرنـامج لاري فاجان Larry Fagan (١٢) كجـزء من مشروع مشترك بين جامعة ستانفورد ومستشفى ســان فرانسيسكو، ويهدف البرنامج إلى عمل ملاحظات كمية للمرضى في وحدة العناية المركزة، ويقوم بالمهام التالية :

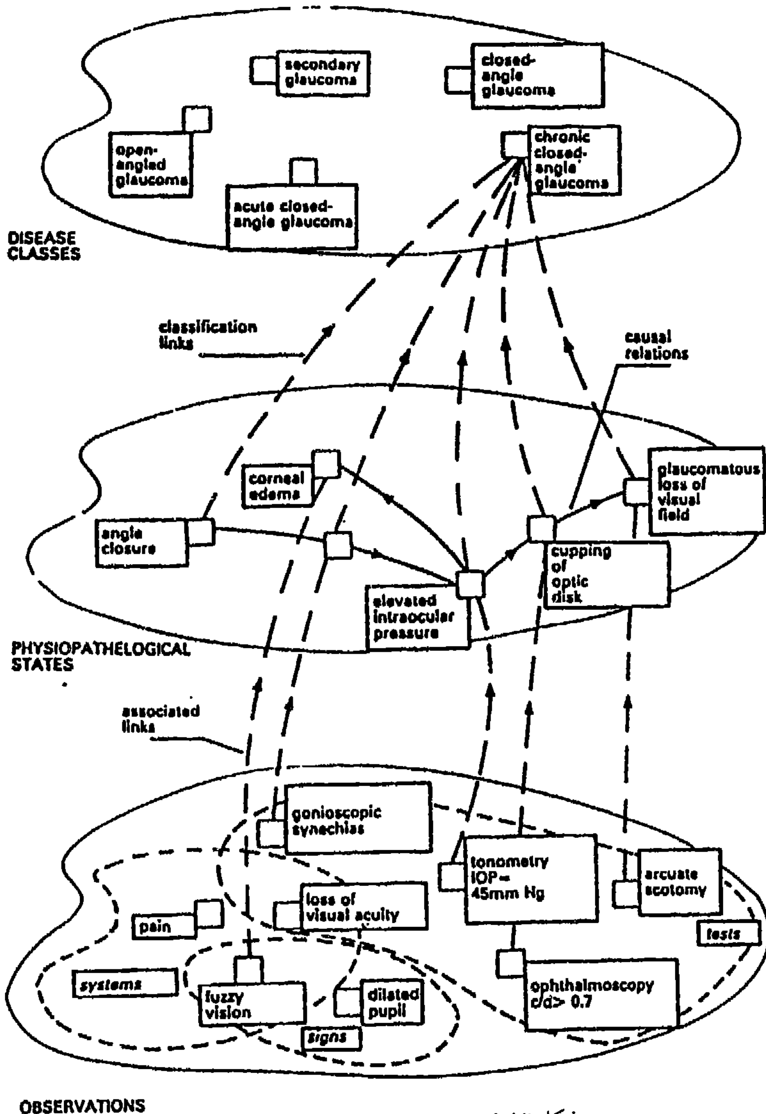
(أ) اكتشاف الأخطاء المحتمل وجودها في القياسات المختلفة

(ب) التعرف على أى خلل بأجهزة مساندة الحياة system life support واقترح الإجراء المناسب

(ج) تلخيص الحالة الفسيولوجية للمريض

(د) اقتراح تغييرات في المعـالجة، مع أخذ التغيرات في حـالة المريض في الاعتبـار والأهـداف الطويلـة الأمد للعـلاج، مثل أن يكون قـادرا على التنفس بشكل طبيعي ثانية .

(هـ) التنبؤ بالاستجابة المعتادة للعلاج للتأكد من أنه يسير بطريقة مرضية .



شكل ١٦ـ٤ وصف ثلاثي المستوى لمرض الجلوكوما

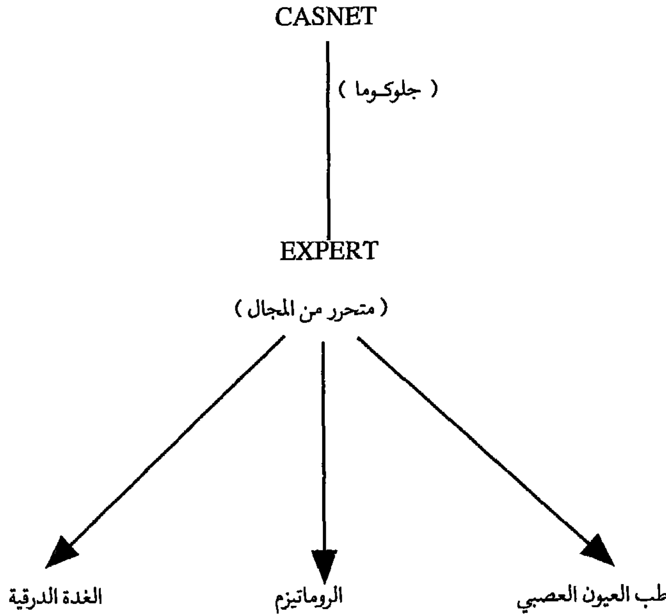
(المصدر: Weiss [١٣])

شبكة الترابطات السببية

Casnet - expert (Causal Association Network)

يختص هذا البرنامج بتشخيص حـالات الجلوكوما، وينفرد بتمثيلـه للمعرفة على عدة مستويات (انظـر شكل ١٦ ـ ٤) ملاحظات ـ حالات باثـولوجية وتشخيصها، وقـد أمكن هـذا الفصل لأن الظـواهـر الفسيـولـوجيـة للمـرض أصبحت واضحـة ومعروفة.

برنامج EXPERT هو تعميم لبرنامج CASNET والعلاقة بينهماتشبه العلاقة بين مـايسين وايمايسين، فلم يعـد هنـاك تمثيل ظـاهـر للحـالات الفيسيـولـوجيـة والباثولـوجية، وقد استخدم هذا في بنـاء برامج أخرى، كما هو موضح في شكـل ١٦ ـ ٥.



شكل ١٦ ـ ٥ تطور CASNET و EXPERT

إن قواعد EXPERT من ثلاثة أنواع :

- ترابطات بين الملاحظات
- ترابطات بين الملاحظات والافتراضات
- ترابظات بين الافتراضات

ويتم تطبيق القـواعـد دائما بهذا الترتيب، ويكـون الـربـط دائما في اتجاه الأمـام (للقـارىء أن يقارن هـذا بعمل آلة الاستنتـاج للقـواعد الإنتـاجية في الفصل الثـاني عشر).

وبخـلاف ما يسين لا تـزداد قـوة العلاقـة عنـدما تـؤدي عـدة قواعـد إلى نفس النتيجة، بل يؤخـذ معامل القيمة الأكبر، فإذا كانت درجة احتمال فرضيـة ما تعادل ٦ . ، ثم تكتسب دعما يعـادل ٤ . ، تظل درجة الاحتمال ٦ . ، بينما يختلف الأمـر في مايسين، فيـؤدي مثل هذا الوضع إلى تغير في درجة احتمال الفـرضية لتصل إلى ٧٦ . ومع ذلك لا تختلف النتائج كثيرا لأن معاملات الاحتمال لها معان مختلفة في البرنامجين كما أنها تستخدم بطريقة مختلفة في كل برنامج : فبينما يحسب ما يسين الزيادة في درجة الاحتمال، يأخـذ EXPERT الثقل الأساسي لـدرجة الاحتمال دون زيـادة ويقوم في النهاية بحساب زيادة للفرضية التى يدعمها العدد الأكبر من القواعد مما يوحى بأنها أكثر الفرضيات اتساقا.

وبرنـامج EXPERT يمكن نقله بسهولة لأنه كتـب بلغة فورتران، إلا أن العدد الضخم من الاختصارات المستخدمة يجعل من الصعب قراءاته.

ويلخص الجدول التـالي الأنظمة الخبيرة الأساسيـة التى استحدثـت للتطبيقات الطبية.

الموضوع	اسم البرنامج	المؤلف
أمراض الدم والسحايا	MYCIN	(٩) SHORTLIFFE
الأمراض الباطنية	INTERNIST/CADUCEUS	(١١) POPLe
السرطان	ONCOCIN	(١٨) Shortliffe
الجلوكوما	CASNET	(١٣) Weiss
الاضطرابات الكلوية	PIP	(١٠) Pauker
متابعة مرضى العناية المركزة	VM	(١٢) Fagan
الأمراض الصدرية	PUFF	(١٥) Kunz
آلام معوية	SPHINX	(١٩) Fieschi
الرمد	IRIS	(١٦) Trgoboff
القلب	DIGITALIS	(٢٠) Gorry
PH COHTROL	ABEL	(٢١) Patil
تخطيط التجارب البيولوجية	MOLGEN	(٢٢) Martin
تحليل البروتين	CRYSALIS	(٢٣) Engelmore
ضغط الدم الشرياني	SAM	(٢٤) Gascuel

جدول ١٦-١ الأنظمة الخبيرة في الطب

الوضع الراهن

أظهرت هذه الأنظمة الخبيرة قـدرة على التشخيص يمكن أن تكون ذات فائدة في المستشفيات وذلك على الـرغم من انعدام التعمق في الربط بين الظـواهر التى يمكن للنظم الخبيرة أن تقيمها، ورغم أن كثيرا من الأطباء لا يرغبون في استخدام ما يطلقون عليه «تفكير الألة»، فانه يمكن التغلب على ذلـك بايضاح خط التفكير الذي تتبعه الألة وشرح الطريقة التي يستخدمها البرنامج في التوصل إلى النتائج.

ومـا يجب عملـه الآن بسرعـة هـو نقل هـذه النظـم الخبيرة إلى أجهـزة الحاسب الصغيرة، التى يمكن أن يستخدمهـا الطبيب في عيادته الخاصة، وبـذلك لا يحتاج الطبيب إلى خطـوط تليفـونية لكي يتصـل ببرنامج كبير يعمل على جهـاز بعيـد. كما يجب أيضـا أن يكون ممكنـا للأطبـاء أنفسهم أن يعـدلوا البرامج دون أن يضطـروا إلى استـدعاء عـالم الحاسب للمسـاعدة، وهـذا يتضمن تحسن في الاتصـال البيني بين المستخدم والآلة.

References

(1) Degoulet P., Chantalou J.P., Chatelier G., Goupy S., Zweigenbaum P. (1983), Strucured and standardarized medical records, Van Demmel, Ball and wigertz (eds.) MEDINFO-83, New York, North-Holland, pp. 1164-1168.

(2) Ledley R., Lusted L. (1959), Reasoning Foundations of medical diagnosis, Science, 130, pp. 9-21.

(3) Junin C. M., Tupasa T., Craig W.A. (1973), Use of antibiotics, a brief exposition of the problem and some tentative solutions,Anns.Int. Medicine, 79, pp. 555-560.

(4) Duda R.O., Hart P. E. (1973), Pattern classification and scene analysis, New York, Wiley.

(5) Lusted L.B. (1968), Introduction to medical decision making, Springfield, Ill., Charles C. Thomas.

(6) De Dombal F.T., Gremy F. (eds.) (1976), Decision making and medical care: can information science help?, New York, North-Holland.

(7) Fries J.F. (1972), Time-oriented patient records and a computer databank, J. Amer, Med. Assoc., 222, pp. 1536-1542.

(8) Blum R. (1982), Discovery and representation of causal relationships from a large time-oriented clinical database: the RX project,Department of Computer Science report, STAN-CS-82900, Stanford University.

(9) Shortliffe E.H. (1976), Computer-based medical consultation:

MYCIN, New York, Elsevier.
(10) Pauker S., Gorry A., Kassirer J., Schwartz W. (1976), Towards the simulation of clinical cognition Taking a present illness by computer,American Journal of Medicine, June 1976, 60, pp. 981-996.
(11) Pople H. (1982), Heuristic methods for imposing structure on ill-structured problems; the structuring of medical diagnosis,in Artificial Intelligence in medicine, P. Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, Westview Press.
(12) Fagan L.M. (1980), VM Representing time-dependent relationsin a clinical setting Ph.D. dissertation, Heuristic Programming project, Stanford University.
(13) Weiss S., Kulikowski C., Safir A. (1978), A model-based method for computer-aided medical decision making, Journal of Artificial Intelligence, 11, pp. 145-172.
(14) Kulikowski C., Weiss S. (1982), Representation of expert knowl edge for consultation: the CASNET and EXPERT projects,in artificial Intelligence in medicine, P. Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, Westview Press.
(15) Kunz et al (1978), A physiological rule-based system for interpreting pulmonary function test results,Heuristic programming project report, HPP-78-19, Stanford University.
(16) Trigoboff M., Kulikowski C. (1977), IRIS, A system for the propagation of inferences in a semantic net, IJCAI-77, pp.274-280.
(17) De Dombal F.T., Leaper D.J., Staniland J.R. (19720), Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain,British Medical Journal, pp 9-13

(18) Shortliffe E.H., Scott C.A., Bishoff M.B., Van Melle W., Jacobs C.D. (1981), ONCOCIN: an expert system for oncology protocol management,IJCAI-81, pp. 876-881.
(19) Fiesch M. (1981), Aide a la decision en medicine: le systeme SPHINX. Application au diagnistic d'une douleur epigastrique.These de Doctorat en Medecine, marseille.
(20) Gorry G.A., Silverman H. Pauker S.G. (1978), Capturing clinical expertise: a computer program that considers clinical responses to digitalis, American Journal of Medicine, pp. 452.460.
(21) Patil R., Szolovits P. Schwartz W.B. (1982), Modelling knowledge of the patient in acid-base and electrolyte disorders,in Artificial Intelligence in medicine, Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, Westview Press.
(22) Martin N., Friedland P., King J., Stefik M. (1977), Knowledge-based management for experiment planning in moleculer genetics,IJCAI-77, pp. 882-887.
(23) Engelmore R., Terry A. (1979), Structure and function of the crysalis system,I JCAI-79, pp. 250-256.
(24) Gascuel O. (1981), Un systeme expert dans le domaine medical, these de 3e cycle, Universite Paris VI.
(25) Fox J. Rector A. (1982), Expert systems for medical care?Automedica Vol. 4, pp. 123-130.

الفصل السابع عشر
النظم الخبيرة في العلوم والصناعة

نشير في هذا الفصل إلى النظم الخبيرة الرئيسة التي استحدثت حتى الآن للتطبيق في العلوم والصنـاعة، كما نصنفها وفقـا لمجالاتها التطبيقية، ونعطي وصفـا تفصيليا لبعض منها.

ديندرال وميتاديندرال DENDRAL و META-DENDRAL

يهدف ديندرال DENDRAL [١] إلى التعرف على بنية الجزيىء العضوي Or-ganic Molecule باستخـدام بيانـات الكيمياء الطبيعيـة والطيفية، ويعطي تفسير بنود هـذه البيانات تـركيبات محتملـة لبعض ذرات الجزيىء العضوي، كما أن تجميع هذه الأجزاء يمكننا من التوصل إلى التركيب التكويني الكامل للجزيىء، وتسير هذه العملية في ثلاث مراحل.

(١) التوليد: حصر جميع الإمكانات بـاستخدام برنامج Congen [٢] الـذي يعتمد على، ويعتبر تطويرا لخوارزم توفيقي استحدثه ج. ليديربيرج J.Lederberg.

(٢) التخطيط: تنفيـذ بعض القيـود التى تحد من حجم البحث الـذي تـولـده المرحلة الأولى والذي قد يكون كبيرا جدا.

(٣) الاختبار والتصنيف: بناء وتنفيذ قيود أخرى لتخفيض عدد الاحتمالات التى يتحتم النظر فيها، مع ترتيب هـذه الاحتمالات ترتيبا تنازليا طبقا لـدرجة المعقولية أو الاستحسان.

ويمكن أن يستخـدم ميتا دينـدرال كبرنامج تعليمي استقـرائي لتطويـر وتعميم القـواعد التي يستخـدمها دينـدرال، كما يولـد قـواعد جـديدة، ويبني عملـه على

معلومات طيفية شاملة، ويتعـامل مع الآلة كصندوق مغلق يحاول اكتشاف القواعد التى تحكمـه، أي القـواعـد التى تحكم تجزء الجزيئـات العضـويـة، وهكـذا يمكن لميتاديندرال أن يستنتج قاعدة من النوع التالي:



قاعدة : N-C-C-C - - - -> N-C* C -C

وتعني هـذه القـاعـدة أنـه إذا كـان الجزيىء يحتـوي على ذرة نيتروجين متصلـة بسلسلـة من ثـلاث ذرات من الكـربـون، فإن الفصل سيكـون بين ذرتي الكـربـون الوسطيين.

ماكسيما MACSYMA [٤]

ويهدف هذا البرنامج للمسـاعدة في حل مسائل التفاضل والتكـامل والمعادلات الجبرية وجبر المصفوفـات والمتجهات vector and matrix algebra ويمثل هـذا البرنامج أحد الجهود الكبرى في تاريخ الذكاء الاصطناعي، ويبلغ الوقت المبذول فيه حوالي خمسين سنة، ويشمل البرنامج.

– قواعد لتبسيط المعادلات الرياضية وتحديـد التناظر بينها، وهذه القواعد سهلة الاستخدام كما يمكن للمستخدم أن يضيف إليها إذا أراد. مثال ذلك:

$$\sin\left(x + \frac{1}{2}\pi\right) \rightarrow \cos X \quad , \quad \sin x^2 + \cos^2 x \rightarrow 1$$

$$\log(ab) \rightarrow \log a + \log b$$

– اجراءات للتعرف على الأشكـال الجبرية، ليس فقط على المستوى التركيبي بل أيضا على المستوى الدلالي، فهي يمكن أن تدرك أن 3X2 + 4x - 1 يمكن أن تتخذ الشكل التالي ax2 + bx + c وكذلك (x + 1) (x - 1)

– اجراءات استنتاجية وتجريبية، فاذا حدد المستخدم، بواسطة الأمر Declare، أن N عدد صحيح يقوم مـاكسيما باستنتاج أن $\cos\left(n + \frac{1}{2}\right)\pi = O$ ويمكن للخوارزم الذي استحـدثه جينيسيرث Genesereth [٥] من القيام بـاستنتاجات تصنيفيـة Deductions Taxonomic - type وانتقال الخصائص من كيان لآخر،

والنظر في تقاطع المجموعات.

وقد تم تركيب البرنامج في MIT ويمكن تشغيله عن طريق شبكة أربا ARPA وقد كتب هذا البرنامج بلغة ليسب، واستخدمه كثير من العاملين.

وقد كتبت برانج أخرى لتقوم بعمليات التكامل الجبري، ولكن باستخدام قاعدة معرفة أصغر، ومن هذه البرامج REDUCE الذي استحدثه Hearn [٦] وبرنامج آخر للوليير معتمدا على SNARK [٧] وبرنامج LEX لميتشيل [٨] ويتميز الأخير باشتماله إجراءات للتعلم.

بروسبيكتور PROSPECTOR [٩]

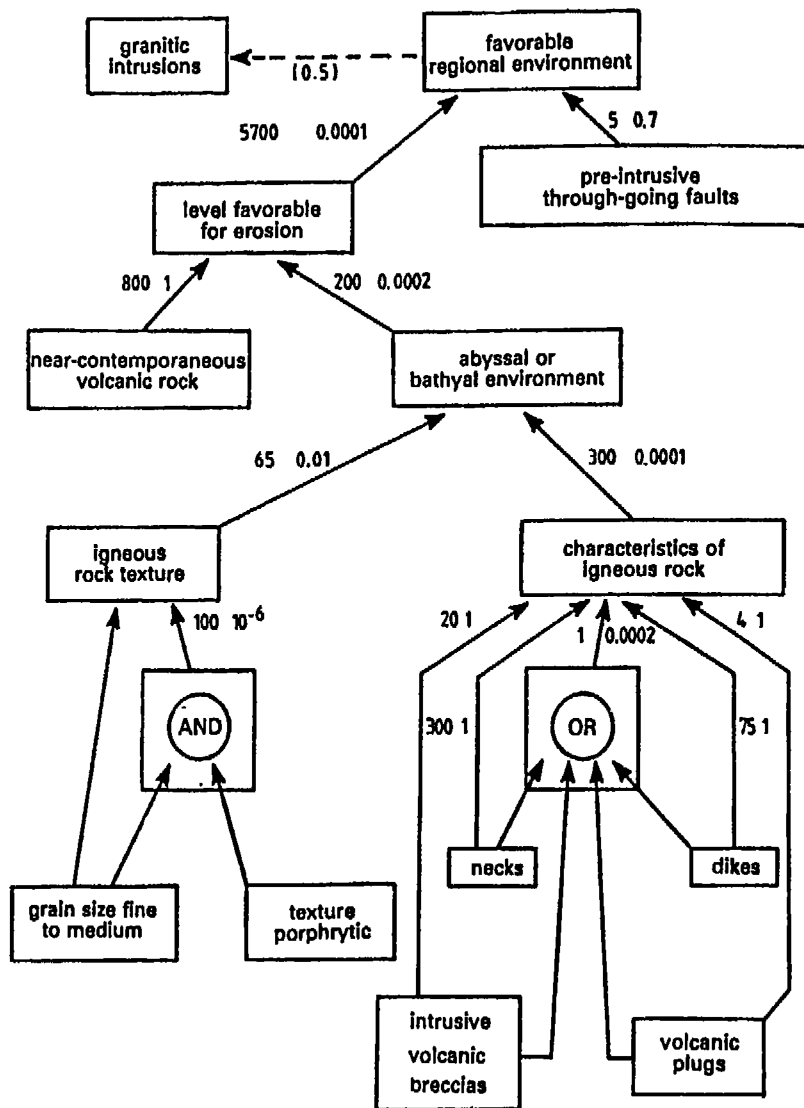
يتعلق هذا البرنامج بجيولوجيا المعادن، وهـو يعالج المشكلة التالية: إذا توفر لنا وصفا جيـولوجيا لمنطقـة حفر، ما هي المعادن المتـوقع استخراجها من هـذه المنطقة؟ ويستخدم البرنـامج عمليات استدلالية مستقلـة غير مرتبطة بالموضـوع الخاص (هنا الجيولوجيا) باستخدام شبكات دلالية مقسمة ومجمعة بكفاءة.

ويمكن إظهار عدم اليقين سواء في البيانات المستخدمة أو في الاستنتاجات التى يتوصل إليها البرنـامج، ويمكن إدخال البيانات في بـداية دورة التحاور مع الحاسب في شكل عبارات بسيطـة بلغة طبيعية، وتحلل هـذه العبارات بواسطة النحـو الدلالي الذي يستخدمه برنامج التحليل LIFER [١١] (انظر الفصل السابع) وقد استخدم برنامج التحليل هذا لتطوير عدة برامج بينيـة للغة الطبيعية وقواعد البيانات، وعادة ما تكون جلسة التحاور متفاعلة interactive وقد يطلب البرنامج أثناءها معلومات إضافيـة، وشأنه شأن برامج النظم الخبيرة المتقـدمة، يستطيع برنامج بـروسبكتور أن يشرح عمله في أى مرحلة في الجلسة، كما يمكنه تبرير النتائج التى توصل إليها.

وقد طـورت عدة أدوات نافعـة جدا حول بروسبكتـور، منها برنـامج يقوم بترجمة مزدوجة بين الشكـل الداخلي للمعلومات (الشبكة الـدلالية) وبين الشكل الخارجي القريب من اللغة الطبيعية، ويساعد Knowledge Acquisition system (KAs) برنامج اكتساب المعلومات [١٢] المستخدم على خلق نماذج جديدة أو تعديل تلك

الموجودة من قبـل، ويقوم KAS بالتأكد من أن درجـة الاستحسان المقدرة لأحداث معينة تراعى قيود معينة، فإذا كانت درجة الاستحسان لحدث ما A هي PI(A)، وكانت A مجموعة فرعية من B ، فان العلاقة PI(A) > PI(B) لا يمكـن أن تكون صادقـة أبدا، لأن A يجب أ ن تراعي كـل القيود على B، بل وقيود أكثـر من تلك المفروضة على B نفسها.

ويبين شكل ١٧ ـ ١ جزءا من شبكة الاستنتاج لبروسبكتور، ويمثل أحد الرقمين المرتبطين بكل فرع درجة الكفاية Degree of Sufficiency (DS) بينما يمثل الآخر درجة الضرورة Degree of Necessity (DN) وتعني درجة الكفاية العالية لحدث أو ملاحظة E أن هذا الحدث أو الملاحظة كاف لقيام الفرض H ودرجة الكـفاية اللا متنهية مساوية منطقيا للجزم بأن H<- - - E، والقيمة الصغرى لدرجة الضرورة DN 1>> تعني أن الحدث أو الملاحظة E ضرورية لقيـــــــام الفرض H فاذا كان O = DN يكون ذلك مساويـا منطقيا للجزم بأن E<- - -H وهكذا كما يمكـن أن نرى في شكل ١٧ - ١ يظهـر وجود «رقبـة neck » كدليل قوى (درجة كفـاية ٣٠٠) لوجود الصخور النـارية ولكن ليس على الإطلاق ضروريـا (درجة الضرورة = ١)، بينما تقل درجة الكفـاية «للـرقبات البركـانية Dikes» أو «التـداخل البركاني» (درجـة الكفايـة ٢٠,٧٥). ولكن حقيقة أن كتلـة معينة تتميز بوجـود صخور نارية هـو شرط كاف وضروري لكي يمكن تصنيفها بأنها بيئة هاوية أو متعلقة بأعماق المحيطات.



شكل ١٧ ـ ١ جزء من شبكة الاستنتاج لبرنامج بروسبيكتور (المصدر: دودا (٩)).

برنامج ليثو LITHO

إن من أهم مشـاكل الكشف عن البترول تفسير المقـاييس المختلفـة التى تـرتبط بـالخواص الطبيعية لصخـور المنطقة مثل الكثـافـة، التوصيل الكهـربائى والنشـاط الإشعاعي، ويمكن بهذه القياسات الاستدلال على نوع عينات الصخور المستخرجة بواسطـة الثاقب Driller وتمثيلها بواسطة منحنيـات تعرف بالخط السلكي أو الكتل الكهربائية.

والهدف من برنـامج ليثو (١٣، ١٤) الـــذي طور في شلومبرجر Schlum-berger، هو تفسير هـذه القياسـات كما يفعل العالم الجيـولوجي البشري خـاصة في استخدام مثل هذه المعلومات كجغرافية المنطقة ونشأتها وطبقاتها الجغراقية، ومعادنها وتكون البترول فيها، ونحصل على وصف مفصل للقاع الأسفـل بربط الشواهد التى يـؤكدها ما يزيد عن مائة من المعامـلات المختلفة، مستخدما ثقل الشواهد، وهكذا يمكن تصفية الفروض غير المؤكدة بالتدريج حتى نصل إلى نتيجة حازمة مقبولة.

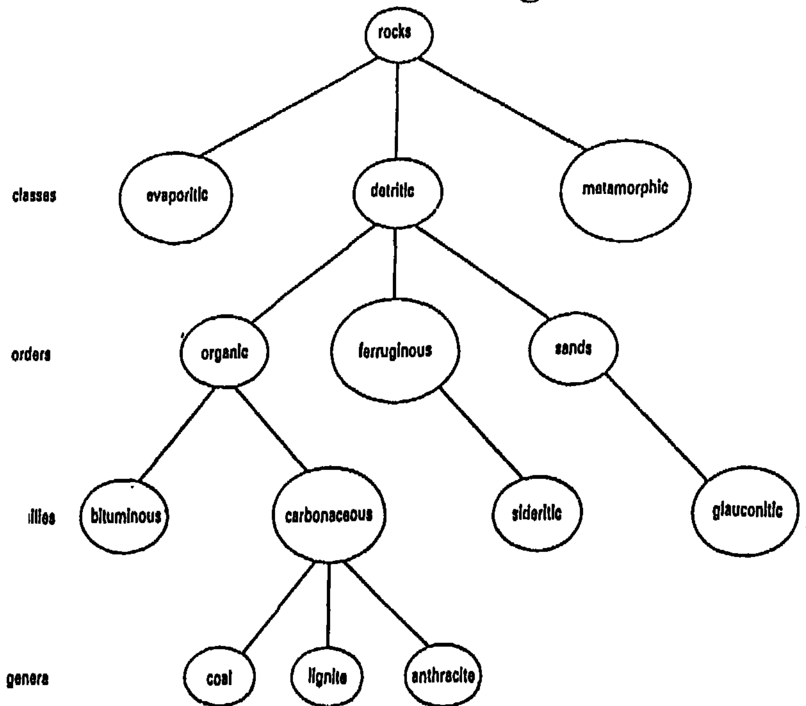
ويستخدم البرنامج كثيرا طرق ربط مقاييس الصدق، التى يبدو أنها ضرورية في البحث الجيولـوجي حيث إن كثيرا من النتائج تعتبر غير نهائيـة، ويرجع إلى كثير من المعلـومات من أجل تـرجيح الفـروض الأولية، وفي بعض الأحيـان لمناقضتهـا حتى يمكن استبعـادها وليس من غير المألـوف في هذا المجـال أن نضطر لمعـالجة بيانـات متناقضة، وسنتحدث عن ذلك في فقرة قادمة.

وقد قام ديفيز Davies (١٥) بمحاولة لتفسير كتل خط السلك Wireline logs، ولكن بمثال واحـد فقط لكل حالـة، ويأخذ البرنامج في الاعتبـار كل ما هـو مرتبط بالحالـة موضع البحث، مشيرا إلى بث موجات الصـوت والكثافة والمقاومـة وإشعاع جاما.. إلخ، وعندما تجمع هذه الأنواع المختلفة من المعلومات معا، غالبا ما يتضح أن الكثير منهـا مكـرر وأن بها تنـاقضـات كثيرة أيضـا، وأن مصـادر الخطأ كثيرة ومتعددة.

مراحل الاستدلال في برنامج LITHO

لقد استحـدث LITHO أساسـا بالاعتماد على بـرنامج EMYCIN (١٦)،

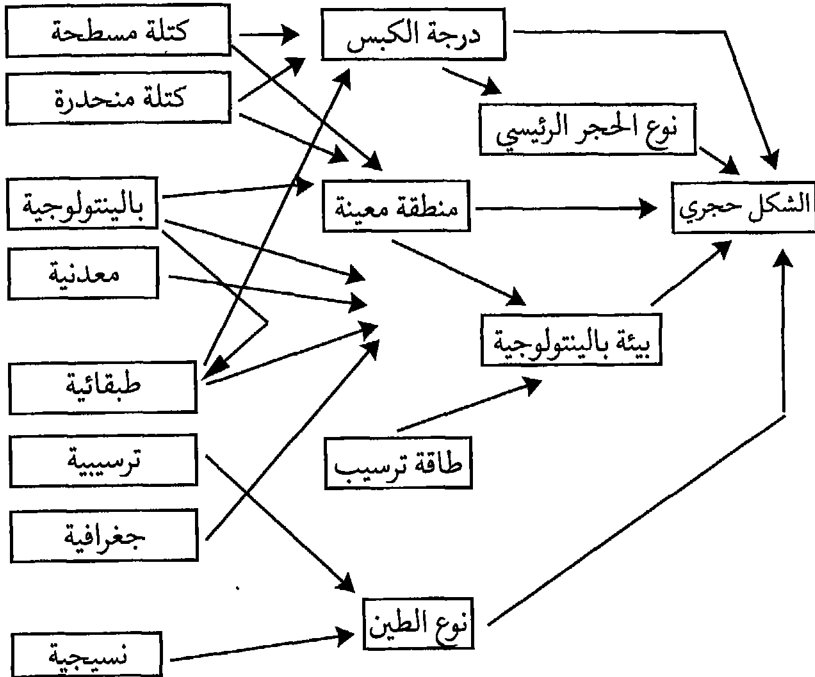
ويستخدم القـواعد الإنتاجيـة (انظر الفصل الثـاني عشر) بنفس قواعدهـا التركيبية، ويعطي البرنـامج درجـة ثقل للنتـائج التى يتـوصل إليهـا، وهـو مـا نسميـه درجـة الصدق، وبالإضـافة إلى تلك القواعد، يعتمـد البرنامج على قاعدة معـرفة تصنيفية Taxonomic عريضة للمعادن، والبليونتولوجي، والجغراقيا، والبيتروجرافي، وعلم الطبقات والتـى تمكن البرنامج من استخـدام معلومـات أكثر عمـومية من البيـانات المدخلـة. فـاذا افترضنا أن هنـاك قـاعـدة تبـدأ بالشكـل التالي «إذا كـانت المرحلـة الجيولـوجية ثـانويـة، و . . . »، وأدخل مستخدم البرنـامج «الفترة الجيولـوجية هى الطباشيرية»، فستنشط القـاعدة لأن البرنامج «يدرك أن الفترة الطبـاشيرية هى جزء من المرحلة الثانوية، ويوضح شكل ١٧ ـ ٢ جزءا من شجرة الجغرافية البترولية.



شكل ١٧ ـ ٢ جزء من تصنيف فحم البترول في برنامج LITHO

بيانات من مصادر مختلفة

إن المهمة الرئيسة التى يؤديها LITHO هي تحديد أنواع الصخور من بين التسعين نوعا الموجودة في قاعدة المعرفة، التى يمكن أن يقال بحق إنها من المنطقة التى يكمن فيها البئر فعلا، ويوضح شكل ١٧ ـ ٣ تدفق المعلومات بين البيانات المعطاة و الهدف المصبو إليه، ويستخدم في هذه العملية عشرات من معايير متوسطة، والرسم الذي يمثل عملية الاستدلال ليس عميقا جدا، فمستوى عمقه لا يتعدى أربعة مستويات في المتوسط.



شكل ١٧ ـ ٣ مراحل العملية الاستدلالية

تحديد البنية العامة الليثيومية

Detemination of the broad Lithological Strsucture

مما يجعل التحديد المفصل لأنواع الصخور أمراً معقدا أن أنواعا كثيرة من الصخور لها أشكال كتل متشابهة مثل Silexite cherts و quarzite على سبيل المثال، بحيث يعتمد التمييز بين الاثنين على استخدام البيانات الجيولوجية الأخرى فقط، إلا أنه من الممكن إحراز بعض التقدم بالتعرف على «المجموعات العليا Su-per - Groups التى يمكن التمييز بينها فيما بعد على أساس، اعتبارات أخرى: فيمكن أن تنضوى كل من heavy, dolomitic rocks, Saline rocks Rocks (Phosphates,siderites, Ferruginous, limestones,etc) etc تحت صندوق عام باسم النسيجيه Histogram (انظر شكل ١٧ ـ ٣).

فقاعدة رقم ٥٤ في برنامج Litho مثلا هي:

إذا كانت نسبة «الجبس» في Histogram تتعدى ٥٪.

إذن تكون البيئة القديمة لمنطقة الترسيب هي ضحلة (٧, ٠) وشاطىء (٣, ٠)، صخرية (٢, ٠)، بحيرة (٢, ٠) وبحر مفتوح (٩٥, ٠ −).

البيانات الخارجية

يشير هذا التعبير إلى جميع أنواع المعلومات المستمدة من مصادر أخرى غير الكتل Logs. وبعض مواد مثل هذه المعلومات لا تكون دائما متوفرة مثل وصف شظايا الصخور التى يعثر عليها في الطين أثناء عمليات الاستكشاف أو مواد علم الاحاثة Palaeontology كالتي تدل على وجود المرجان، وهناك أنواع أخرى من المعلومات التى عادة ما تكون معروفة أو يمكن استنتاجها: وهكذا يمكن التوصل إلى معلومات قيمة عن أنواع الصخور في منطقة الاستكشافات من خلال المعرفة الجغرافية لموقع البئر، مثل مساطب الكربون في الشرق الأوسط، وفي معظم الأحيان يكون للمعلومات الجغرافية دور كبير في التوصل إلى استنتاج جزئى لعصر التكوينات،

ومن ذلك يمكن التوصل إلى نتائج لها أهميتها .

ويتمكن برنامج LITHO عادة من التوصل إلى العصر الجيولوجي من معلومات الإحاثة حتى في حالة عدم معرفة عالم الجيولوجيا لذلك ، فيعرف برنامج LITHO مثلا «شأنه شأن أى عالم جيولوجي جيد» أنه طبقا للقاعدة ١٠١ فإن وجود مادة graptoliths يشير إلى أن المرحلة تكون إما Silurian أو .Ordivician

ويمكن وضع المعلومات الخارجية في ثمانية تصنيفات كما هو موضح أدناه ، وهى تتكون من كل من أبنية تصنيفية تدخل بواسطتها البيانات في نظم يمكن أن تستخدم للتوصل إلى قواعد عامة جدا ، وقواعد استنتاجية تنشط عندما تدخل البيانات إلى البرنامج . ومثال ذلك أنه إذا كان التكوين cambrian (قديم جدا يرجع إلى أكثر من ٥٧٠ مليون سنة) يكون هناك احتمال قوي أن الصخور عالية الضغط .

والتصنيفات الثمانية للمعرفة الخارجية هي كالآتي :

معرفة جغرافية (مناطق جيولوجية ، أحواض ، حقول ، آبار)

أنشطة بنائية (ثنايا ، تشققات أرضية ، أنظمة)

معلومات طبقائية «عن طبقات الأرض» ، مراحل جيولوجية ، عصور ، نظام)

معلومات عن نشأة الأرض (التحجر)

معلومات عن التعدين (التكلس ، الكوارتز)

معلومات عن وصف الصخور وتصنيفها (الحجر الجيري ، الطفل ، الرمال)

معلومات ترسيبية (صخور منحدرة ، قنوات ، تعرج ، كثبان)

طبيعة بترولية (المسامية ، المنفذية ، التشبع)

وفيما يلي مثال عن قاعدة تربط المعلومات الجغراقية والطبقائية :

قاعدة ٢٩٥

إذا (١) كانت المرحلة الطبقائية هي العصر الطباشيري

و (٢) وكانت المعلومات الجيولوجية واحدة من :

طبقة إيرانية أو حزام زاجروس zagros المثني

إذن (١) من المحتمل أن تكون البيئة الأصلية :

fluvial(- 0.6) بحيرة (0.6 -) دلتا (6 .0 =)

LAGoon (-o.3) Arid (-0.6) GLAcIAL (- 0.8)

PELAgIc (o.4)....

(٢) احتمال أن تكون أنواع الليثيوم الرئيسة في المنطقة :

deitric (-0.3) biological (0.3) evaporitic(0.3)

Plutonic (0.5)

(٣) هناك احتمال ضئيل أن المنطقة ليست مضغوطة كليا (0.2-)

(٤) هناك احتمال ضئيل لوجود بترول بالمنطقة (0.2)

وتربط القاعـدة أعلاه الترسيب الأولي بنوع الليثيوم الأساسي للـوصول إلى أصدق احتمالات وجود تفرعات الليثيوم .

قاعدة ٢٠١

إذا كان ترسيب البيئة الطبقائية من نوع نيتريك

و و نوع الليثيوم الأساسي هو بيولوجي

إذن احتمالات وجود أنواع الليثيوم المختلفة هي :

HALITE (0.2) DOLOMITE LIMESTONE...

استخدام الخصائص العامة لكتل الخط السلكي

تحتوي الكتـل على معلومات عـددية ورمـزية وعلى مـلامح هامـة تتعلق بشكل المنحنيات وهذه لها معان رمزية مهمة .

وقد استحدثت مجموعة من المفردات لتساعد على وصف أشكال الكتل المختلفة في ضوء أشكال أساسية Normalized signatures ، وقد تم تجميع أشكال نمطية

ووضعت في كتيب بحيث يمكن للمستخدم أن يتعرف عليها أثناء تشغيل البرنامج، ويقوم بـرنامج LITHO بمقارنة ومضاهاة البيانات الرمـزية الهامة مع كافة البيانات الأخرى، وهذا يسـاعد على حل إشكالية التعرف، ويـوضح شكل ١٧ ـ ٤ مسارين نمطيين، بينما يـوضـح شكل ١٧ ــ ٥ مسـار ثـالث وبعض السمات الـوصفيـة، والصفات الرئيسية هي :

Plateaux : المناطق التي تظهـر استجابـات واسعة وثابتـة على مدى ٢٥ مترا على الأقل.

Megaramps : المناطق التى تظهر زيادة أو نقصان على مسافة ٢٥ مترا على الأقل.

Major Beds : استجابة ثابتة على مسافة تتراوح بين ٢و٢٥ متر.

Mesoramps : زيادةأو نقصان على مسافة تتراوح بين ٥و٢٥ متر.

ويتحدث الجيـولوجيون دائما عن «قمـة طينية Clay Peak» بـالكشف بواسطـة أشعـة جامـا، لأن من خصـائص الطين النشاط الإشعـاعي العـالي، ولكي يحصل البرنامج على هذه المعلومـات فإنه يسأل المستخدم عن المنحنى الطبيعي المتوقع، أى اختلافات فرق الجهد الطبيعي مع العمق ويطلب رأى المستخدم حول وجود صفات مختلفة في مسارات معينة.

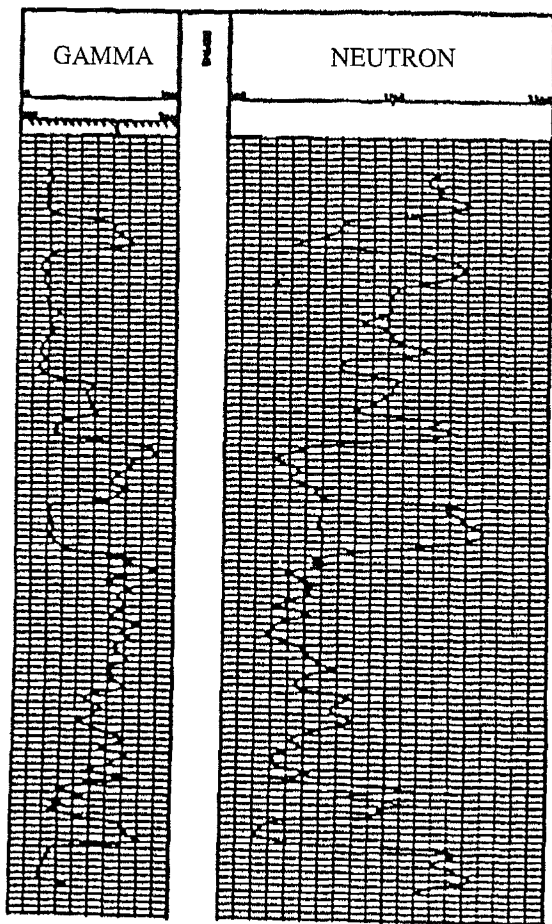
مثل صفات درجـة الإشعاع و الكثافة والمقـاومة. ومن واقع هذه البيـانات التى يحصل عليها البرنامج يقـوم بحساب درجات الاستحسان Plausibility Measures لكل بيئـة تحت الدراسـة، ولمجمـوعات الليثيـوم الـرئيسـة وربما لكل نوع من أنـواع الصخور، ولا يحتـاج أى شك لدى المستخـدم في التعرف على الصفـات المختلفة أن يوقف هـذه العملية، لأنه حر في وضع رؤيتـه الخاصة بتحديد درجـات استحسان يستخدمهـا البرنامج لتقليل قوة استنتاجـاته، وفيما يلى مثال للطريقـة التى تستخدم المعلومات الوصفية مع البيانات الرقمية :

قاعدة ٨ . .

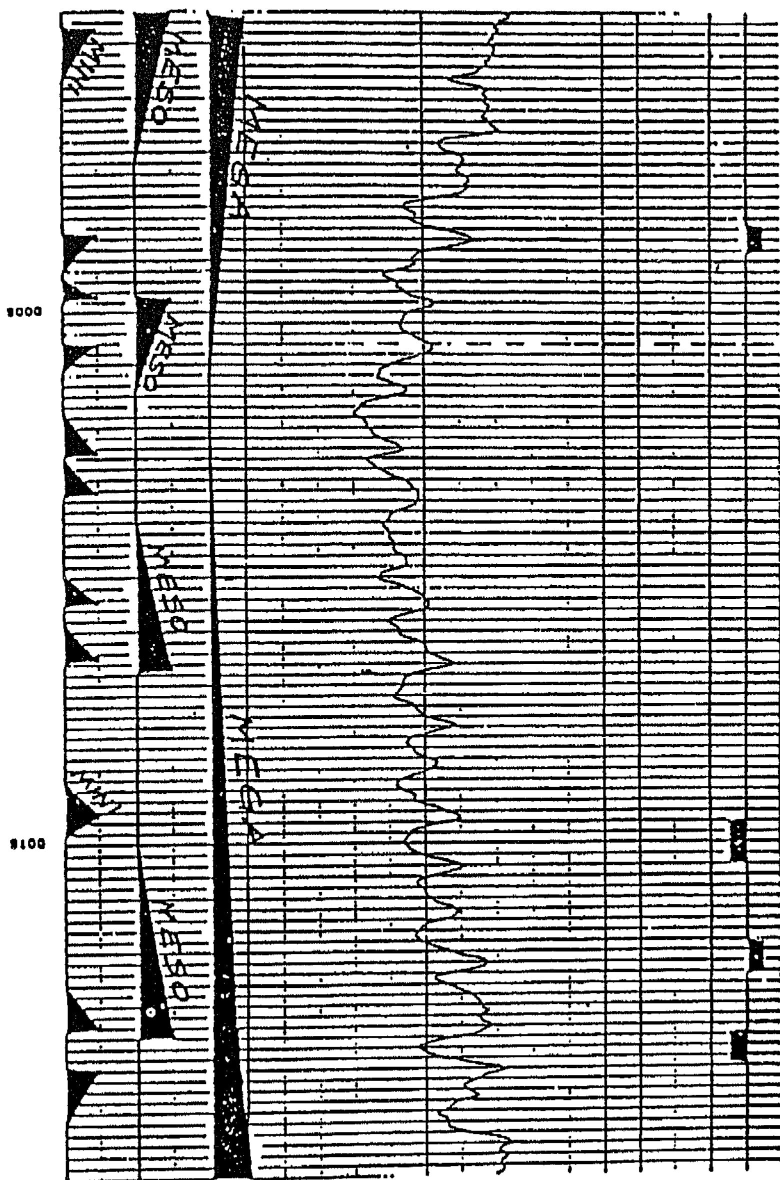
إذا كانت هناك هضبة في منحنى أشعة جاما

و مستوى النشاط الإشعاعي أدنى من 40API (الوحدات الدولية لأشعة جاما التي استحدثتها مؤسسة البترول الأمريكية).

إذن هناك احتمال قـوي (0.8) إن المنطقة «نظيفـة» أى بها محتوى طين ضئيل جدا.



شكل ١٧ ـ ٤ تخطيط مساران نمطيان



شكل ١٧ ـ ٥ السمات الوصفية للمسار التخطيطي

المحصلة النهائية للبرنامج

يقوم برنامج حسابي بإعداد المحصلة النهائية للبرنامج أخذا في الاعتبار الأتى :

(١) قائمة بأنواع الصخور الأكثر احتمالا، مع درجات الاستحسان لكل نوع .

(٢) الكتل المسجلة في البئر تحت الدراسة .

وتشمل النتيجة النهائية التى نحصل عليها من البرنامج وصفا جيولوجيا كاملا للبئر على أبعاد ١٥ سم، وقد أثبتت التجارب أن هذه النتائج قريبة جدا من النتائج التي يتوصل إليها العالم الجيولوجي البشري .

معالجة البرنامج للبيانات الخاطئة

لا تكون الظروف التى يتم في ظلها تسجيل المسارات ظروفا مثالية أبدا، والنتيجة أنه قلما تخلو النتائج من الأخطاء، كما يمكن أن تنشأ الأخطاء أيضا في عملية جمع شظايا الصخر، إذ يمكن أن تنحدر واحدة من مكانها الأصلي وبذلك تسجل في عمق مغاير لعمقها الأصلي، ويعالج LITHO مثل هذه المشاكل على النحو التالي :

(١) لا يدعي أبدا أن أى نتيجة يتوصل إليها صحيحة ١٠٠٪، ولذلك إذا ثبت خطأ البيانات التى تعتمد عليها نتيجة ما، فإن مصادر المعلومات الأخرى البيانات التى تعتمد عليها نتيجة ما، فإن مصادر المعلومات الأخرى تساعد في التوصل الى نتائج أقرب إلى الصحة .

(٢) يستخدم كثيرا من الاطرادات، فتكون النتيجة الصحيحة الموثوق منها حاصل جمع من ٥ إلى عشر نتائج أضعف .

علاقة مجال الاستخدام بعمليات الاستدلال

إنها حقيقة مدهشة أن صياغة القواعد الإنتاجية المرتبطة بدرجات الاستحسان لها نفس الفاعلية الجيدة في مجالين مختلفين متباعدين كالطب والجيولوجيا، وفي الحقيقة، أن العمليات الاستدلالية المستخدمة في المجالين متشابهة تماما بمعنى أن في

كـلا الحالتين تكـون النتـائج المتـوصل إليهـا في العـادة ضعيفـة وتتطلب تأكيـدا، بفحوصات وعمليات مخبرية إضافية، وهناك أيضا تماثلا أبعد، ففي حالة الاستخدام المشترك للمعلومـات الرمزية والعـددية يتشابـه رسم القلب مع كتلة الخط السلكي، كما يتشابـه أيضا التـاريخ الطبي للمريض مـع التاريخ الجيـولوجي للبئـر، وفي كلا الحالتين يكون الهدف النهائي التوصل إلى تشخيص، للمريض في حالة الطب ولقاع البئر في حالة الجيولوجيا.

وتختلف هذه التطبيقات اختلافا صـارخا مع فهم الصور المرئية أو لفهـم الكلام، فهنا تتم المعالجة الرقمية أولا «التعرف على الأشكال Pattern recognition» معطيا وصفا غير دقيـق للظاهرة، ويتـم بعد ذلك معـالجة هذا الوصـف بطرق رمزيـة التى تستخدم مثـلا معرفة عامـة لأشكال الصور المرئية ومعـرفة تركيبية أو دلاليـة لأشكال الكلام، ومن المهم تقـدير أنه في حـالة الجيولـوجيا مثلا يكون للمعلـومات الرمـزية أسبقية ودور رائد في المعالجة العددية للكتل بتحديد أنواع الصخور الفردية التى يجب النظر فيها.

وتعكس مقـاييس الاستحســان تقـويم الخبراء للثقـة التى يمكـن أن تـوضع في النتائج، وليس لهذا أساس نظري، فقد تعطـى بعض الدلالات الإحصائية، ولكنها تمثل في أغلب الأحيـان الخبرة المتراكمـة للخبير الـذي إذا سئل: «إذا طلب منك أن تعطى درجة ثقة لبعض العبارات تتراوح بين - ١٠ و + ١٠ فماذا تقول؟ ولا شك أن هذه الفكرة غير شكليه.

النظم الحالية ـ خاتمة

لقد تصـدرت التطبيقات الجيولـوجية عرضنا هـذا للنظم الموجهة للصناعـة، مما يعكس أهميتهـا في الحياة الحقيقيـة لأن لها أهميـة اقتصـادية عظيمـة، وحـاليا هنـاك تطبيقـات أخـرى في الأعمال الزراعيـة لتشخيص أمـراض النبـات، وفي البيولـوجيـا الحيويـة، وفي البنوك لحساب المخـاطر المالية، وفي البيولـوجيا الحيويـة، وفي البنوك لحساب المخـاطر المالية، وفي النقل لصيانـة أساطيل الناقـلات. . وهكذا، وأعظم البرامج نجاحـا من الناحيـة التجاريـة حتى الآن هي بلا شك مجمـوعة البرامج التى

استحدثتها شركة ديجيتال للحاسبات مثل برنامج RI ومن بعده برنامج Xcon لقياس مواصفات أجهزة ال VAX وبرنامج XSEL كمساعد في المبيعات .

وقد اشتركت الشركة الفرنسية ELF-aquitaine مع شركة الذكاء الاصطناعي الأمريكية Teknowledge في إنتاج أحد الأنظمة الخبيرة للمساعدة في عمليات حفر الأبار، كما تعمل حاليا في فرنسا شركة CGE في بناء برامج تشخيص الأعطال في الأجهزة الكهربائية، وتعمل أيضا شركة CII في بناء برامج مشابهة لبرامج شركة ديجيتال لقياس وتشغيل الحاسبات الآلية .

ويحتوي جدول ١٧ ـ ١ على النظم الموجهة للصناعة المستخدمة حاليا أو في طريق الانشاء .

جدول ١٧ ـ ١

المجال	الموضوع	اسم البرنامج	المؤلف
الكيمياء	تفسير بيانات مطياف الكتلة	DENDRAL	Feigenbaum (1)
	شرحه (تعليمي)	META-DENDRAL	Buchanan (3)
	تركيب عضوي	SECS	Wipke (17)
	تركيب عضوي	SYNCHEM	Gelernter (18)
طبيعة	حل مسائل ميكانيكا	MECHO	Bundy (19)
	تحليل الدوائر الكهربائية	SOPHIE	Brown (20)
	تحليل الدوائر الكهربائية	PEACE	Dincbas (21)
	اليكترونات	EL	Brown (22)
	ميكانيكا		Novak (23)
	اكتشاف قوانين	BACON	Langley (24)
	مقاومة المواد	SACON	Bennett (25)
جيولوجيا	علم المعادن	PROSPECTOR	Duda (9)
	بترول	LITHO	Bonnet (13, 14)
	بترول	DIPMETER ADVISOR	Davies (15)
	بترول	DRILLING ADVISOR	Hollander (26)
رياضيات	اكتشاف مفاهيم	AM	Lenat (28)
	معادلات تكامل . .	MACSYMA	Moses (4)
	معادلات تكامل . .	REDUCE	Hcses(6)
	التكامل	SNARK/INTEGRATION	Lauriere (7)
نظم الحاسب	تحديد مواصفات	RI, XSEL, XCON VAX	McDermott (29)
	تشخيص الأخطاء	DART	Bennett (30)
البرمجة الألية	بناء برامج	PECOS	Barstow (31)
	بناء برامج	DEDALUS	Manna (32)
	بناء برامج	PSI	Green (33)
	بناء برامج	PROGRAMMERS APPRENTICE	Rich (34)
	بناء برامج	SAFE	Blazer (35)
صناعة	استشارة في تنظيم المصانع	GARI	Descotte (36)
شئون عسكرية	معالجة الإشارات	HASP/SIAP	Nii (27)

المراجع

(1) Feigenbaum E., Buchanan B., Lederberg J. (1971), "On generality and problem solving: A case study using the DENDRAL program," in machine Intelligence, Vol. 6, New York, Elsevier.

(2) Carhart R.E. (1979), "CONGEN: An expert system aiding the structural chemist," in Revolution in the micro-electronic age, Michie (ed.) Edinburgh, Edinburgh University Press.

(3) Buchanan B., Mitchell T. (1978), "Model-directed learning of production rules," in Pattern-directed inference systems, Waterman and Hayes-Roth (eds.), New York, Academic Press.

(4) Moses J. (1967), A Macsyma Primer", Mathlab Memo 2, MIT Computer Science Lab.

(5) Genesereth M. (1976), "DB: High-level data base system with inference," Memo 4, Macsyma Group, MIT.

(6) Hearn A. (1969), Reduce 2 user's manual, Stanford AI memo AI-90.

(7) Lauriere J. L. (1982), "Utilisation et representation des connaissances," RAIRO/TSI, 1 and 2.

(8) Mitchell T. (1983), "Learning and problem solving," IJCAI-83, pp. 1139-1151.

(9) Duda R., Gasching J., Hart P. (1979), "Model design in the PROSPECTOR consultanat system for mineral exploration", in Expert systems in the micro-electronic age, D. Michie (ed.), Edinburgh, Edinburgh University Press.

(10) Konolige K. (1979), "An inference net compiler for the PROSPECTOR rule-based consultation system," IJCAI-79

(11) Hendrich G.G. (1977), "Human engineering for applied natural language processing", IJCAI-77, pp. 183-191.

(12) Reboh R. (1981), "Knowledge engineering and tools in the prospector environment," Techn. Note 243, Artificial intelligence Center, SRI International, Menlo Park, California.

(13) Bonnet A., Harry J., Ganascia J.G. (1982), "LITHO, un system expert inferant la geologie du sous-sol," RAIRO/TSI, Vol. 1 No. 5, pp. 393-402.

(14) Bonnet A., Dahan C. (1983), "Oil-well data interpretation using expert system and pattern recognition technique," IJCAI-83 pp. 185-189.

(15) Davis R., Austin H., Carlboom I. Frawley B., Pruchnik P., Sneiderman R., Gilreath J.A. (1981), "The DIPMETER ADVISOR: interpretation of geologic signals," ICJAI-81, Vancouver, pp. 846-849.

(16) Van Melle W. (1980), "A Domain-independent system that aids in constructing knowledge-based consultation programs," Stanford University Heuristic Programming Project memo 80-82.

(17) Wipke W.T., Braun H., Smith G., Choplin F., Sieber W. (1977), "SECS-Simulation and evaluation of chemical Synthesis: Strategy and planning," in W.T. Wipke and W.J. House (eds.), computer Assisted Organic Synthesis, Washington, D.C., American Chemical Society, pp. 97-127.

(18) Gelernter H.L., Sanders A.F., Larsen D.L., Agarwal K.K., Boivie R.H., Spritzer G.A., Searlman J.E. (1977), "Empirical Exploration of SYNCHEM", Science 197, pp. 1041-1049.

(19) Bundy A., Byrd L., Mellish C., Milne R., Palmer M. (1979), "MECHO, a program to solve mechanics problems," Dept. of A.I. University of Edinburgh, working paper 50.

(20) Brown J.S., Burton R. (1975), "Multiple representation of knowledge for tutorial reasoning," in Bobrow & Collins (eds.), Representation and understanding, New York, Academic Press, pp. 311-350.

(21) Dincbas M. (1980), "A knowledge-based expert system for automatic analysis and synthesis in CAD", Proc. of IFIP Congress, pp. 705-710.

(22) Brown A., Sussman G.J. (1974), "Localization of failures in radio circuits, a study in causal and teleological reasoning", MIT Artificial Intelligence memo 319.

(23) Novak G. (1977), "Representation of knowledge in a program for solving physics problems," IJCAI-77, MIT

(24) Lanley P. (1979), "Rediscovering physics with BACON-3", IJCAI-79. Tokyo, pp. 505-507.

(25) Bennet J.S., Engelmore R. (1979), "SACON: a knowledge-based consultant for structural analysis," IJCAI-79, pp. 47-49.

(26) Hollander C.R. Iwasaki Y., Courteille J.M., Fabre M. (1983), Trends and Applications conference, Washington.

(27) Nii H.P., Feigenbaum E.A., Anton J.J., Rockmore A.J. (1982), "Signal to symbol transformation: HASP/SIAP case study," the AI Magazine, 3,2, pp. 23-55.

(28) Lenat D. (1980), "On automated Scientific theory formation: a case study using the Am program," in Davis & Lenat (eds.), knowledge-based systems in Artificial Intelligence, New York, McGrow-Hill.

(29) McDermott J. (1980), RI: an expert in the computer systems Domain," in AAAI-80, pp. 269.271.

القسم الخامس

نظرة مستقبلية

الفصل الثامن عشر

الذكاء الاصطناعي
والتدريس بواسطة الحاسب الآلي

مقدمة

نتنـاول في هذا الفصل استخـدام الحاسب كوسيلـة معاونـة في التدريس. وقـد استحدثت كثير من البرامج والنظم ضمن الأطر التقليدية لهذه الغاية. وتتضمن هذه البرامج إجابات وحلول المسائل التي تطرحها على الطالب، ولكن بقدرة محدودة جداً على الاستـدلال والتفكير، وبالتـالي فليس لمعظم هـذه البرامج قـدرة ذاتية لحل هـذه المسائل بنفسها. وأفضل هـذه البرامج لها بعض القدرة على المسائل ـ إذا عـرفنا هذه القدرة بمعناها الواسع جداً، ولكنها لا تفصل قاعدة المعرفة التي تستخدمها عن آلية التحكم، مما يجعل من الصعب ضمهما إلى البرنامج. ولهذا نقترح في هذا الفصل بناء برامج التعلم على غرار الأنظمة الخبيرة.

وبعكس النظم التقليدية، تبـدأ البرامج الذكية للتعليم من الفرضية القـائلة إنه لابد للبرنامج التعليمي نفسه أن يكون خبيراً في المجال الخاص به، بمعنى أنه يجب أن يكون قادراً على حل المسـائل التي يضعها ـ ربما بعدة طرق ـ كما يجب أن يكون قادراً على تتبع ونقـد الحلول التي يتـوصل إليهـا الطالب. كما يجب أن يكـون لهذه البرامج الذكية أساس نظري للاستراتيجية التعليمية التي تتبعها والتي يجب أن تكون واضحة وغير متضمنة بشكل غامض في قاعدة المعرفة للبرنامج. كما يجب أيضاً أن تكون هذه الاستراتيجيات قـابلة للتطبيق في مجالات مختلفـة وعديدة، وقـد لا نكون واقعيين إذا طمحنـا إلى استراتيجية واحـدة لكل المجـالات، ولكنه يبـدو من المنطقي أن نتـوقع بعض المبادىء العامة التي يمكن أن تهتدي بها مثل هذه البرامج. ويستطيع البرنامج

الـذي اختبر قدرات الطـالـب ومعـرفته أن يستخـدم نتـائج تقـويمه في وضع صـورة للطالب profile لتصبح إحدى القيم المستخدمة في توجيه عملية التعليم الفردية .

نبذة تاريخية

وتتلخص الطريقة المعتادة لبرامج التعليم بواسطة الحاسب في الآتي :

أولاً: يعرض نص الدرس على شاشة الحاسب ، ثم توضع الأسئلة للطالب الذي يجيب على الأسئلة باختصار، وذلك لعدم قـدرة البرنامج على تحليل اللغة الطبيعية . وأخيراً يستمر البرنامج في عرض مادة تعليمية أكثر صعوبة ، إذا كانت إجابة الطالب صحيحة ، أو يبين الخطأ في إجابة الطالب ويعرض الإجابة الصحيحة .

وســـوف لا نعرض هنـا طريقة لوجو LOGO لسيمور بـابيرت Seymour pa-pert [١ ، ٢] ، التي تتبـع نهج بـياجيت Piaget للتعليم التلقـــائي spontane-ous learning بالتفاعل مع البيئة المحيطة ، وذلك لأن هذا النهج يهتم بتنمية قدرات الأطفال الإبداعيـة بإعطائهم وسيلة تتجاوب مع الأفكـار التي يعبرون عنها أكثر من اهتمامه بتعليم مادة معينة . فيمكن للأطفال باستخـدام طريقة لوجو رسم اللوحات وتأليف الموسيقى ، ذلك أن فلسفـة هذا النهج عكس بـرامج التعليم التقليديـة التي تتميز بالوضع السلبي للطالب .

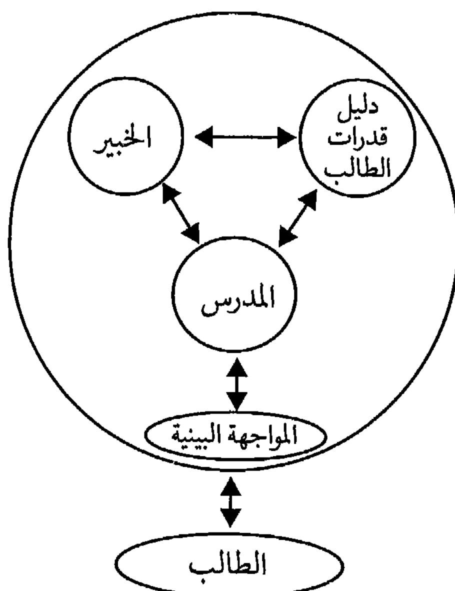
وتعود بداية استخدام أساليب الـذكاء الاصطناعي في التعليم إلى برنامج سكولار scholar [٣] لتدريس جغرافية أمريكا الجنوبية ، واستخدام قاعدة معرفة جـــغرافية التي لم تكن مجرد نصوص مسجلـة سلفاً. ومن الأفكار الجديدة في هذا البرنـامج أنه من الممكن لكل من البرنـامج أو الطالب أن يأخذ المبـادرة في الحوار. ويقوم بـرنامج صـــوفي SOPHIE [٤] بتعليم الطـالب كيف يجد ويصحح الأخطاء في الـدوائر الاكترونية ، ولهذا البرنامج مواجهة مرنة جـداً باللغة الطبيعية مع المستخدم مما يمكنه من فهم وانتقاد الحلول المقدمة له .

وقد اتجه البحث في السنوات الأخيرة إلى دراسة تحليل أخطاء الطلاب . وقد أظهر استخدام بـاجي BUGGY [٥] أن بعض أخطاء الطلاب الحسـابية التي بدت أولاً

عشوائية كانت في أغلب الأحيان أخطاء مطـردة نتجت عن الطريقة المستخدمة مـن قبـل الطـلاب. وقـد طـورت ألعـاب تربويـة مثـل ويمبوس WUMPUS (٦) للتوصل إلى الأسباب التي تكمن وراء عدم استخدام اللاعبين الاستراتيجيات المثلى. كما أظهر برنامجا واي WHY(٧) وجايدون GUIDON (٨) الفرق بين تدريس موضوع خاص والاستراتيجيـات العامة للتـدريس. فهناك مثلاً قـاعدة عامـة تقول: «إذا لم يستطع الطالب فهم قانـون عام، أعطه مثالاً محدداً، وهي تنطبق على تـدريس كافة المواضيع. وتـوضح الفقـرات التاليـة بعض طـرق تمثيل الموضـوعات التي تـدرس، وبعض المبادىء التعليمية التي استحدثت.

مكونات برامج التعليم الذكية بمعاونة الحاسب

يـوضح شكل ١٨ ـ ١ التخطيط العـام (٩) لبرامج التعليم بمعاونـة الحاسب في إطـار الأنظمـة الخبيرة، والـذي يمثل ثمـرة الأبحـاث في هـذا المجـال في السنـوات الأخيرة.



شكل ١٨ ـ ١ البرامج الذكية للتعليم بمعاونة الحاسب

ولا داعي لأن نؤكد هنا مرة أخرى أهمية وجود مواجهة بينية «ودية» بين المستخدم والبرنامج، ولكن علينا أن نذكر أنه يجب أخذ التطور التقني بعين الاعتبار عند تزويد البرنامج بالمواجهة البينية. ونشير هنا بوجه خاص إلى إمكانية استخدام الرسومات و«الفأرة mouce» لتحريك مؤشر الشاشة cursor لاختيار بنود من الشاشة، وهذا أسهل وأسرع من استخدام طرق تتطلب تحليل اللغة الطبيعية. ويجب طبعاً أن يستمر البحث في فهم اللغات الطبيعية، ولكن ـ في حدود معرفتنا الحالية ـ لايبدو أنه أهم متطلب لتطوير برامج التعليم بمعاونة الحاسب. وعلى أي حال فالمطلوب هو استخدام طرق أكثر تقدماً في مجال التعليم للوصول إلى فهم أعمق.

ويركز هذا الفصل على وظيفتين رئيسيتين: هما الأنظمة الخبيرة وبرامج التعليم.

دور النظم الخبيرة

قد يبدو ذكرنا في مقدمة هذا الفصل أن برامج التعليم بمعاونة الحاسب يجب أن تكون خبيرة في مجالها أمراً بديهياً، إلا أنه يجب ألا ننسى أن الكثير من هذه البرامج التقليدية لا تستطيع حل المسائل التي تضعها للطلاب بنفسها، فمثلاً لا يستطيع برنامج بيب Bip[١٠] لتعليم لغة بيسيك للبرمجة أن يكتب برنامجاً بلغة بيسيك على الرغم من قدرته على تصحيح أخطاء معينة في البرامج المقدمة له. كما يجب أن يتمكن البرنامج الخبير من توليد المسائل، آخذاً في الاعتبار قدرات الطالب العلمية بالتفصيل كمستوى آداء الطالب والصعوبات المتوقعة، ومدى التأكيد على النقاط الصعبة والهدف من التعليم في تلك اللحظة، كما يجب أن يكون قادراً على تنفيذ تعليمات المدرس لوضع مسائل أكثر صعوبة من التي قبلها على أن يمكن حلها بنفس الطريقة.

ويجب أن يكون البرنامج الخبير قادراً على إعطاء إجابات تفصيلية مرتبة، موضحاً فيها النقاط الصعبة، وعارضاً لخطوات الحل، وذلك لتحقيق الأهداف التالية.

ـ مقارنة حل الطالب بحل البرنامج.

ـ قياس وتقويم طريقة حل الطالب بمقارنتها بطريقة البرنامج.

ـ مساعدة الطالب الذي بدأ في المسار الصحيح، ولم يستطع أن يتعدى مرحلة معينة في الحل.

ويجب أن يكون البرنامج قادراً على الجمع بين الطرق الخوارزمية والتجريبية. ويكتسب البرنامج الطرق التجريبية من الخبراء البشريين وتتميز بملاءمتها لشرح المسائل الصعبة وطرق الشرح لأنها توضح كيفية عمل العقل البشري في مثل تلك المواقف (١١). وتستخدم الطرق الخوارزمية لسرعة الإنجاز أو لعدم إمكانية حل المسائل بطريقة أخرى. وعندما نضطر لاستخدام الطرق الخوارزمية، فإنه يجب أن تكمّل بطرق أكثر تعليمية للطالب أو تعتبر كصندوق مغلق. ولا يعتبر هذا عائقاً للبرنامج، فهناك مستوى معين لكل إنسان أو برنامج لا يستطيع أن يتعداه.

ومن المتطلبات الأخرى لهذه البرامج أن تكون لديها القدرة على اكتشاف الأخطاء المطردة أو الشائعة، واكتشاف أي ثغرات في فهم الطالب العام التي قد تنشأ عنها مثل هذه الأخطاء. ويفترض ذلك وجود نموذج تعليلي متقدم يستطيع أن يستفيد من الاعتبارات النفسية.

وأخيراً يجب أن يكون البرنامج قادراً على إعطاء تفسيرات على مستويات مختلفة. فإذا استخدم البرنامج في حل إحدى المسائل سلسلة من الاستنتاجات مثل أ ـــــ> ب ـــــ> ج، يكون الجواب العادي لسؤال «لماذا ج ؟» هو لأن ب»، و«لماذا ثانية، يكون الجواب لأن أ». بينما يعني السؤال الثاني في الأغلب أن الطالب يريد أن يعرف لماذا تدل «ب» على «ج» بدلاً من تسلق سلم النتائج. وقد يكون مناسباً جداً في هذه الظروف إعطاء تفسير في شكل رسومات «فين Ven diagrams حيث تمثل المجموعات في شكل دوائر.

دور البرنامج التعليمي

إن المدرس الذي يصمم البرنامج هو الشخص الذي يجب أن يتخذ قرارات مثل «ما هو الوقت المناسب لإعطاء الطالب لمحة عن الإجابة؟» أو«إلى أي مدى يمكن

السماح للطالب بالاستمرار في الخطأ؟» وللمساعدة في حل مثل هذه المشاكل، يمكن الاستفادة من النظريات النفسية كأساس لأبحاث استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم بمعاونة الحاسب.

إن الفرضية الشائعة والمقبولة هي أنه يوجد في ذهن الطالب نموذج للمعرفة والمهارات التي يتوقع أن يكتسبها، وأنه يستخدم هذا النموذج بقوة في محاولة حل المشاكل التي تواجهه. ويعني هذا سلوك حتمي (محدد سلفاً) للطالب deterministic behavior يحدده النموذج، وهو طبعاً افتراض مبسط. ويرى المدرس في النموذج صورة للقدرات التي على الطالب اكتسابها، مما يمكن أن يستخدم لتوجيه استراتيجية التدريس. ومن وجهة نظر علم المعلومات، فإن القيم المرتبطة بقدرات الطالب تشكل الحدود Arguments لوظائف البرنامج المتضمنة في البرنامج التعليمي. وهكذا يكون تصور المدرس لقدرات الطالب هو تقريب للنموذج الداخلي في ذهن الطالب والذي لا ندعي معرفتنا الكاملة به.

وتطرح النظرية التعليمية التي تتبع النهج السقراطي فكرة أن فهم وتعلم المفاهيم المعقدة يمكن أن يسهل بدراسة الأمثلة الخاصة لاستخلاص القوانين العامة منها. ويناسب الحوار السقراطي بوجه خاص المواضيع التي تدخل فيها العلاقات السببية، وإن لم يكن لها دور مباشر في الحال. ويوضح ذلك كولينز Cellins (٨)، فهو يعطي ٢٤ قاعدة إرشادية يبني عليها النقاش للوصول خلال عدة خطوات إلى الظروف التي تساعد على زراعة الأرز. وفيما يلي مثال لحوار افتراضي يمكن إجراؤه باستخدام البرنامج بين المدرس (م) والطالب (ط)، ونضع القاعدة المناسبة بين أقواس بعد كل سؤال).

م : أين ينمو الأرز في شمال أمريكا؟

(قاعدة ١ : اسأل عن حالة معروفة)

ط : في لويزيانا

م : لماذا هناك؟

(قاعدة ٢ : اسأل عن الأسباب)

ط : لأنه توجد مياه وفيرة هناك

م : هـذا صحيح . ولكن هل تعتقد أن هنـاك أرزاً مـزروعاً في ولايتي واشنطـون وأوريجون مثلاً؟

(قاعـــــدة ٦ : أعــــط مثـالاً مـناقضاً لتوضـيح العوامـل الضرورية الأخرى) .

ط : لا، لا أعتقد ذلك

م: لماذا لا تعتقد ذلك؟

(قاعدة ٢ : اسأل عن الأسباب)

ط : هناك ماء وفير، ولكن يـوجد سببان لعدم زراعـة الأرز في هذه المنطقة : المناخ ليس صالحاً ، ولا أعتقد أن الأرض مسطحة بـدرجة كافية ـ يجب أن تكون الأرض مسطحـة لتستطيع إغراقهـا بالماء ، أو على الأقل يجب أن تمهدها .

م : إذن ، ماذا عن اليابان؟

(قاعدة ٨ : استخدم مثالاً مضاداً لتبين أي العوامل غير ضرورية)

. . . . إلخ

ومن مبادىء كـولينز التجريبية الآتي : «إذا شرح الطـالب علاقة سببيـة وضمّنها أحد العوامل غير الضروريـة ، فابحث عن مثال مناقض يكون فيـه لهذا العامل قيمة معاكسة ، واسأل لماذا لا تقوم العلاقة في مثل هذه الحالة» . وتتكون قاعدة المعرفة لهذا البرنامج من عـلاقات من نوع «يتبخر الماء من سطح البحـر ، ثم ينتقل الهواء الرطب بفعل الرياح إلى اليابسة ، حيث يبرد ، وتسقـط رطوبته في شكل أمطار أو ثلج» . وما يميز مثل هذا البرنـامج عن برامج التعليم التقليدية أن مثل هـذه العبارة ليست جزءاً من نص سبـق تسجيلــه ، ولكنهــا مستخلصــة من التمثيل الـدلالي الموجــود في البرنامج .

ويعطي استخدام بيرتون Burton ، وبراون Brown [١٢] للعبة West المقتبسة من PLATO [١٣] مثالاً تطبيقياً لنظرية «الأخطاء البناءة». وهذه اللعبة هي من اللعب التي تستخدم رقعة كرقع الشطرنج بها ثعابين وسلالم حيث يجب تجنب الوقوع في الكمائن واتخاذ أقصر الطرق للتقدم حول الدائرة، ويرمي كل لاعب بالزهر ثلاث مرات ويجمع الأرقام بأي طريقة تحلو له مستخدماً العمليات الحسابية العادية ليقرر عدد الخطوات التي سيتقدمها. وليس بالضرورة أن يكون العدد الأكبر هو الاختيار الصحيح، والمشكلة هي إيجاد العدد الأمثل في كل لعبة. وبالإضافة إلى أن البرنامج خبير في هذه اللعبة، فهو أيضاً ذو استراتيجية تعليمية هامة، فكلما اكتشف حركة غير موفقة من اللاعب، فإنه يعطي عدة دلائل تمكن اللاعب من التنبه إلى خطئه بالتدريج، ولهذا سميت بالأخطاء البناءة. ونظراً لكونها لعبة تعليمية، يتبنى المعلم مبدأ عدم التدخل إلا عندما يكون هناك فرق كبير بين حركة اللاعب والبرنامج.

وقد استحدث كار Carr و Goldstein [١٤]، نظرية تنظر إلى نموذج الطالب الداخلي كصورة مشوهة من مهارات ومعرفة الخبير. فالتشويه يمكن أن ينجم عن استخدام القواعد الخاطئة. ويجب على البرنامج أن «يعرف» هذه القواعد الخاطئة، وأن يضعها موضع التطبيق في المسائل التي يعالجها، حتى إذا أعطت قاعدة منهم نفس الإجابة الخاطئة التي يعطيها الطالب، يكون الاستنتاج المعقول أن هذه القاعدة الخطأ تشكل جزءاً من نموذج فكر الطالب، وفي هذه الحالة يمكن تدريس الصيغة الصحيحة للقاعدة.

وما زالت هذه النظريات التعليمية بسيطة جداً، ولا تستطيع تناول جميع المواقف، إلا أنها تمثل مرحلة من مراحل تطور الاستراتيجيات غير المباشرة في التدريس بواسطة الحاسب. ولاشك أن استغلال إمكانيات الحاسب التفاعلية قد تم بشكل أفضل وأكبر من خلال هذه النظريات عن طرق التدريس التقليدية. ويجب على الباحثين في هذا المجال أن يكونوا واعين باستمرار للحاجـ
الـواضح بين المجال العلمي لموضوع الدرس وبين الاستراتيجيات ا، ـــة للتدريس.

قيود على بناء نظم خبيرة في البرامج التعليمية

إن المبدأ الـذي نبنى عليه هذا الجزء هـو «ليس بالضرورة أن يكـون الخبير الممتاز مدرس ممتاز أيضـاً». ويمكن أن نعبر عن ذلك بطريقة أخرى أنـه قد يمكن لبرنامج ما أن يشرح كيفية حل مسألة معينة، ويعطي أسباب اختيار مجموعة من الافتراضات بدلاً من غيرها، ولكن لا يعني ذلك بالضرورة أنه يمكن أن يشرح لماذا سلك الطريق الذي سلكه في الحل. فالقـدرة على شرح الاستراتيجيات المستخدمة في الحل تتطلب درجـة أكثـر من التفصيل في المعرفـة ليست ضروريـة لعمليـة الحل ذاتها (أي يمكن التوصل إلى الحل في غيابها). وتمثل عملية ترجمة compiling البرامج مثالاً واضحاً، لهذا فالبرنامج المترجم compiled program يكون من الصعب جداً قراءته على الرغم من أنه يكون على درجة عالية جداً من الكفاءة.

وهناك اتفـاق عام على أن البنـاء التركيبي modular structure للتمثيـل يجعـل العمليـات الاستـدلاليـة للبرنامج أكثـر وضـوحـاً، وأسهل تفسيراً. إلا أن كـلانسي W.clancey، قد علق على ذلك قائلاً إن معظم البرامج تغفل الخطوات الوسطى في العمليات الاستدلالية، خاصة عنـدما تتعامل مع العلاقات السببية، وبينما لا يقلل هذا من كفاءة عمليـة الاستدلال، بل على العكس قد يزيدهـا، إلا أنها تصبح عائقاً عندما يطلب من البرنامج أن يشرح كيفية توصله للنتائج التي انتهى إليها.

خاتمة

تفتح تقنية الـذكاء الاصطناعي آفـاقاً جديـدة في البحث في طرق التعليم. وإذا كان لنا أن نغتنم هـذه الفرصة، فلابد أن تتـوافر النظم الخبيرة لأغراض التعليم، كما لابد وأن تبني بشكل جيـد بحيث تستخدم بنجـاح في البرامج التعليمية. والحاسب هو أداة جيدة وقوية لاختبار نظريـات التعليم والتعلم، وخصوصاً لاختبار عمومية، وخصوصية هذه النظريات في المجالات المختلفة، وكذلك لاختبار فعاليتهم [(١٦)]. ويمكن للبرامج التي تستخدم هذه الطرق أن تفسر خطوات تفكيرها، بدلاً من مجرد عرض النص التعليمي على شاشة الحاسب معظم الوقت كما يحدث في برامج التعليم التقليدية.

المـراجـع

(1) Papert S. (1970), Teaching Children Programming, IFIP Conference on Computer Education, New York, North Holland.

(2) Papert S. (1980), Mindstorms, Children, Computers and Powerful Ideas, Basic Books, New York.

(3) Carbonnel J. (1970), "AI in CAI, an artificial approach to computer-assisted instruction", IEEE Transactions on man-machine systems, Vol. MMS-11, December.

(4) Brown J. S., Burton R. (1975), "Multiple representation of knowledge for tutorial reasoning", in Bobrow & Collins (eds.), Representation and Understanding, New York, academic Press.

(5) Brown J. S., Burton R. (1978), "Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills", Cognitive Science 2, pp. 155-192.

(6) Carr B., Goldstein I.(1977), "Overlays, a theory of modelling for CAI", MIT AI lab memo 406.

(7) Clancey W. (1970), "tutoring rules for building a case method dialogue", International Journal of Man-Machine Studies, 11, pp. 25-49.

(8) Collins A. (1976), "Process in acquiring knowledge", in Schooling and Acquisition of Knowledge, Anderson, Spiro, Monatgue (eds.), Hillsdale, N.J. Lawrence Erlbaum Assoc.

(9) Bonnet A., Cordier M. O., Kayser D. (1981), "An ICAI system for teaching derivatives in mathematics", Proc. of 3rd World Conference on computer Education (WCCE), Lausanne, 27-31 July.

(10) Barr A., Beard M., Atkinson R. C. (1975), "A rationale and de

scription of a CAI program to teach the BASIC programming language", Instructional Science, 4, pp. 1-31.

(11) Polya G. (1945) How to solve it, a new aspect of mathematical method, Princeton, Princeton University Press.

(12) Burton R., Brown J. S. (1979), "An investigation of computer coaching for informal learning activities", IJMMS 11, pp. 5-24.

(13) Dugdale S., Kibbey D. (1977), "Elementary mathematics with PLATO", Urbana, University of Illinois.

(14) Goldstein I, Papert S. (1977), "Artificial intelligence, language and the study of knowledge", Cognitive Science, Vol. 1, 1.

(15) Clancey W., Lestinger R. (1981), "Neomycin: reconfiguring a rule-based expert system for application to teaching", IJCAI-81, pp. 829-835, Vancouver.

(16) Stevens A., Collins A., Goldin S. (1979), "Misconceptions in student's understanding", International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 11, pp. 145-156.

الفصل التاسع عشر
البرامج القابلة للتعلم

مقدمة

إن القدرة على التعلم هي أحد المكـونات الأساسية للذكـاء، ونحن نتحدث هنا عن التعلم بمعنـاه العـام أي بأنـه يمثل الطـريقـة التي يزيـد بها البشر والحيـوانـات والحاسبات مخزون المعرفة لديهم، ويطورون مهاراتهم وقدراتهم الفكرية.

وقد استمـرت دراسة عملية التعلم منذ الأيـام الأولى للذكاء الاصطنـاعي. فقد احتوى مثلا برنامج CHECKERS [1] لصامويل سجلات لعدد كبير من اللعب التي يستخدمهـا البرنامج ليحسّن من طـريقة لعبه، وذلك كما تعلم البرنـامج الذي كتبه وترمان Waterman[2] لعبة البوكر: وتوضح هذه الأمثلة أن برنامج الحاسب لا يستطيع التعلم بكفـاءة مـا لم يكن متاحـا لـديه تمثيل صحيـح للمعرفـة التى يهدف لاكتسـابها. وقـد تناقصت الجهـود البحثيـة في هـذا المجال بعـد فترة، ربما لتحـول الاهتمام إلى مجالات أخرى مثل طـرق تمثيل المعرفة. وقـد عاد الاهتمام الآن إلى البحث في جعل البرامج قادرة على التعلم لأن برامج الحاسب الحالية قد ازداد حجمها وكفاءة أدائها لدرجـة يستحيل معها إدخال التحسينات عليها يدويـا، وأصبحت الاستعانة بالحاسب لهذا الغرض أمرا ضروريا.

وقـد كـان التعلم يعتبر في الماضي مساويـا للتأقلم، ولهذا ينطـوي على التقـريب المستمـر لقيم المعـامـلات parameters للظاهـرة أو الفكرة المعينة تحت الـدراسة. ويهدف هذا المنهـج إلى تطوير بـرنامج تعليمي يصبـح مع مرور الـوقت أكثر ثبـاتا، وأكثر كفاءة؛ وهـو قريب مما يتبع في مضاهـاة وتصنيف التشكيلات pattern clas-sification and recognition[3]. وقد كان النوع الأول من برامج تعلم الحاسب عدديـا بطبيعته، واعتمـد دائما على استخراج، من الأمثلـة المعطاة، وظيفـة متعددة

الحدود polynomial function . وتعتبر آلـة التمييـز الصنـاعي perceptron لروزينبلات Rosenblatt (٤) مثالا جيدا لذلك. إلا أنه سرعان ما اتضح قصور هذا النهج كما أوضح سيمون Simon (٥)، وكان الدرس الأساسي المستخلص من ذلك هو أن البرنامج الذي يبدأ بدون معرفة أولية لا يمكن أن يصل لمستوى أداء جيد.

وقـد ابتعـد مفهـوم التعلم في الذكـاء الاصطنـاعي عن هـذا الاتجاه العـددي في الستينات، واتجه البحث نحو بناء بنية رمزية معتمدة على علاقات المفاهيم، ويعتبر برنامج ايبام EPAM (٦) لادوارد فايجينبام Edward Feigenbaum ـ الذي استخدم شبكـة تمييـز discriminating network لدراسـة العلاقـات بين المقاطع في تجارب التعلم بالحفظ عن ظهر قلب ـ مثالا على ذلـك وكان منهج التقويم المتتابع للمعايير والمعاملات يعتبر الـوسيلة الأخيرة التي يلجأ إليها لتعلم المستويـات العليا من البنية الرمزية. إلا أنه لم يتوفر في ذلك الوقت فهم كاف عن كيفية تمثيل المعرفة، الأمر الذي يساعد برامج التعلم الجيدة على التطور في اتجاه هذا الخط الجديد. ونتيجة لهذا تلاش الاهتما م بالموضوع في دوائر الذكاء الاصطناعي بعد المحاولات التجريبية الأولى.

ويمكن تمييز أنواع مختلفة من التعلم كما يلي:

الحفظ الصم والقبول المباشر للمعلومات الجديدة

لا يتطلب البرنـامج هنـا أي قدرات استنتـاجيـة، بل يسجل ببسـاطة الحقـائق والأمثلة الجديدة دون تحويل أو تطبيق؛ وهذا هو الأسلوب المعتاد في البرمجة.

التعلم بتلقي الارشادات.

يتلقى البرنامج مـواد جديدة للمعرفة أو إرشـادات في شكل يمكن أن يندمج في المعرفة المخزنة قبلا في البرنامج لتحسين القدرة الاستدلالية للبرنامج.

التعليم بالتناظر.

يتلقى البرنـامج حقائق جـديدة مشـابهة بدرجـة كبيرة لبعض الحقائق الموجـودة بالبرنامج من قبل، مما يؤدى إلى تمكن البرنامج من أن يوفق سلوكه في مواقف جديدة

لها بعض الشبه بمواقف تعامل معها البرنامج من قبل.

التعلم من الأمثلة.

يستنبط البرنـامج القواعـد العامـة من الأمثلة المحـددة المعطاه لـه. فلكي نعلم البرنامج المعنى العام لماهية أن يكون الشيء حصانـا، نعطيه أمثله لحيوانات من بينها خيول وأشياء أخرى، ونذكر للبرنامج أي منها الخيول، وعلى البرنامج أن يجد القواعد التي تمكنه من تمييز الخيول من غيرهـا. وليس من الضروري إعطاؤه أمثلة سلبية، إلا أن ذلك يسرع من عملية التعلم.

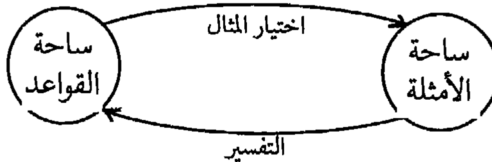
التعلم بالملاحظة والاكتشاف.

التعلم بهذه الطريقة تعلم ذاتي، غير خاضع للإشراف والتوجيه، ويتطلب قدرة عالية على الاستنتاج، فيقوم البرنامج بتدقيق المعرفة الخاصة لديه في محاولة لاكتشاف الأنماط ليستخلص منها قوانين وحقائق جديدة.

وسـوف نعـرض للطـريقتين الأخيرتين فقط في هـذا الفصل، ويمكن للقـارىء الرجوع إلى ميخـاليسكي وكاربونيل وميتشيل [(٧)] Michalski, Carbonell and Mitchell للحصول على معلومات عن كافة طرق التعلم المذكورة أعلاه.

نماذج عامة لبرامج التعلم

سنعرض ـ من بين نماذج التعلم ـ العامة ـ نموذج الساحتين two - space model الذي وضعه سايمون ولي Simon and Lea [(٨)]. وكما يتضح من شكل ١٩ ـ ١ يتكـون هذا النمـوذج من ساحـة للأمثلـة وأخرى للقـواعد، ومن الملائم استخـدام التعبير «قـواعد» هنـا رغم أنه قـد تتخـذ الأفكار التي يمكن استنتـاجها من الأمثلـة شكلا يختلف عن القواعد المألوفة، فقد تمثل مفهوما معينا أو خواص تميز كيان ما.



شكل ١٩ ـ ١ نموذج الساحتين للتعلم من الأمثلة

ومن الأمثلة التى سنستخدمها كثيرا فيما يلي ذلك الخاص بتعلم مفهوم «الفلوش» flush في لعبة البوكر، والذي يعني أي خمس أوراق من نقش واحد في يد اللاعب. فمن خلال عدة أمثلة يتعين على البرنامج أن يكتشف أن رتب الأوراق لا تهم، كما أن النقشة نفسها لا تدخل في الاعتبار، فسواء كانت الأوراق من نقشة البستوني spades أو القلوب hearts لا يهم، ولكن الصفة الضرورية هي أن تكون الأوراق الخمسة من نقشة واحدة.

ساحة الأمثلة The example space.

إن من أهم أسس التعلم الناجح استخدام الأمثلة الجيدة الخالية من الأخطاء. ويجب اختيار هذه الأمثلة بحيث تمكن البرنامج من التمييز بين القمح والتبن، أي أن يستطيع البرنامج أن يجد العوامل المميزة للمفاهيم التي عليه أن يتعلمها. ورغم أن برنامج التعلم الجيد يجب أن ينجح رغم وجود بعض الأخطاء في الأمثلة المعطاه، إلا أن التقنية المتاحة الآن ليست على درجة من الرقي بحيث تسمح بالتوصل إلى هذا المستوى. وبالنسبة لمعيار التمييز، فإنه ليس من الحكمة استخدام ورقة آس ace مثلا في كل مثال للفلوش flush لبرنامج مهمته أن يستنتج مفهوم الفلوش فإنه قد يلحظ هذا الاطراد ويتوصل ـ لو كان ماهرا ـ إلى الاستنتاج الخاطىء بأن وجود ورقة الآس ضروري للفلوش.

وهناك متطلب آخر وهو أن الأمثلة يجب أن توضح بترتيب صحيح، فالمدرس الجيد يعطي أمثلته بترتيب يتدرج من السهولة إلى الصعوبة.

ساحة القواعد The rule space.

ويعتبر استخلاص المبادىء والقوانين العامة عملية جوهرية في التعلم من الأمثلة. ويكون وصف (أ) أكثر عمومية من وصف آخر (ب) مثلا، إذا كان (أ) ساريا في جميع المواقف التي يكون فيها (ب) ساريا، بالإضافة إلى مواقف أخرى. فالتعميم التالي مثلا:

(١) جميع طلبة قسم الكيمياء لديهم دراجات.

يتضمن في

(٢) جميع طلبة كلية العلوم لديهم دراجات.

أو في

(٢،) جميع الطلبة لديهم دراجات.

قاعدة (٢،) يمكن استنتاجها بعد إعطاء أمثلة أخرى، مثلا

(١،) جميع طلبة قسم الفيزياء لديهم دراجات.

(١،،) جميع طلبة الجامعة لديهم دراجات.

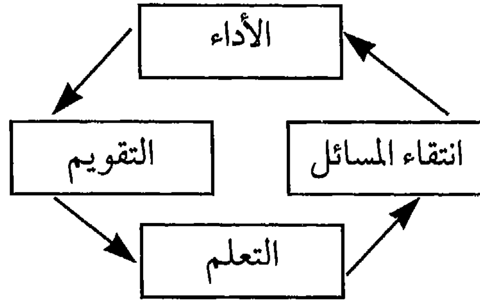
وهنا يتضح أنه لم يعد هناك حاجة للجزء الوصفي الذي يحدد الجماعة الجزئية من طلاب الجامعة (طلاب الكيمياء، طلاب العلوم.. إلخ) ولهذا يمكن تجاهله.

ويمكن طبعا أن يكون التعميم خطأ، وبالإضافة إلى ذلك فإن هذه صورة مبسطة جدا للتعلم، فنحن قادرون على ممارسة صور أكثر تعقيدا من ذلك بكثير، لأنها لا تساعدنا في استنباط القواعد والقوانين الجديدة فحسب، بل تغير من البنية التي تمثل بها معرفتنا.

وهناك مخطط آخر للتعلم قدمه سميث Smith (٩) وهو يعبر عن الناحية الوظيفية، وموضح بشكل ١٩ ـ ٢، وقد استخدمه برنامج LEX لميتشيل [١٠]، ويتألف هذا البرنامج من أربعة مكونات: الانتقاء (للمسائل والأمثلة)، الأداء، التقويم، والتعلم.

الأداء هو البرنامج الذي نهدف لتحسين آدائه، ويمكن أن يكون برنامجا للعب إحدى اللعب، أو لتشخيص موقف ما، أو لوضع خطط عمل لمهمة ما ذات هدف محدد. والافتراض الأولي أن أداءه ليس جيدا، ويحتاج إلى تحسين.

التقويم هو المكون الذي يقارن الأداء الفعلي بمستوى الأداء المتوقع، وتعتمد نوعية التعلم طبعا على دقة هذه المقارنة، وعلى ما إذا كان تم تحديد الأداء المتوقع بدقة ووضوح. ويعتمد التقويم في برنامج للتشخيص الطبي لمرض ما مثلا على ملاحظات



شكل ١٩ ـ ٢ بناء التعلم في LEX (١٠)

عن فعالية العـلاج وتقدم الحالة المرضية لحالات عديدة من المرضى الـذين قد عولجوا من هذا المرض.

التعلم هـو المكـون الذي يستخـدم نتـائج المقـارنـة التي قام بها مكـون التقـويم لتحديد أي مكونات الأداء مسئولة عن النتائج غير المرضية، ولذلك تحتاج إلى تغيير، ويمكن أن تكون هـذه من قاعدة المعرفـة أو من مجموعة آليـات الاستدلال المنطقي. ومن الطبيعي أن ينتج عن تحسين الأداء في جزء ما من البرنامج أثر في تدهور أداء جزء آخر، ولهذا يتعين لمكـون التعلم الجيد أن يستعرض في فترات مختلفة التعـديلات التي أدخلها ليتأكد أن الأداء العام للبرنامج ككل يتجه إلى الأفضل.

الانتقاء عـادة ما يتم خارج البرنـامج، فاختيـار الأمثلة يتم يدويـا ثم تدخل إلى البرنـامج بترتيـب معين لتحقيق النتـائج المثلى للتعلم، ولكن يمكن تصـــور صيغـة تسمح للبرنـامج نفسـه أن يقـرر الترتيـب الـذي تعـرض فيـه الأمثلـة لتحقيق الأداء المنشود. وسنتناول الآن قواعد التعميم الشائعة الاستخدام.

القواعد العامة للاستقراء

سنستخدم "&" للتعبير عن العلاقة المنطقية للوصل conjunction، و " : : >" لعلاقة التضمين للدلالة على العلاقة بين وصف المفهوم واسمه، وبذلك أ : :> ب تعني أم ب هو اسم المفهوم الذي تصفه أ.

استبدال الثوابت بالمتغير. توضح القاعدة الأولى تحقيق هدف تعريف مفهوم الفلوش في لعبة البوكر. إذا اعتبرنا و١ ـ و٥ ترمز لخمس أوراق، وعرفنا النقشة والرتبة كمحمولين في الصياغة التالية:

نقشة (و i ، ب) تعني أن الورقة و i هي بستوني (نفس الشيء بالنسبة للقلوب Hearts والماسة Diamond والاسباتي Clubs).

رتبه (و i ، ٥) تعني أن الورقة و i هي خمسة) وكذلك (٢ ـ ١٠ ولد، شايب، بنت، آس).

وبإعطاء المثالين الآتيين:

مثال ١ : نقشة (و ١ ، ب) & نقشة (و٢ ، ب) & نقشة (و٣، ب) & نقشة (و٤ ، ب) & نقشة (و٥ ، ب)

: :> فلوش (و١ ، و٢ ، و٣، و٤ ، و٥)

مثال ٢ : نقشة (و ١ ، س)& نقشة (و٢ ، س) & نقشة (و٣، س) & نقشة (و٤ ، س) & نقشة (و٥ ، س)

: :> فلوش (و١ ، و٢ ، و٣، و٤ ، و٥)

يمكن للبرنامج أن يستنتج القاعدة التالية:

قاعدة ١ : نقشة (و ١ ، x)& نقشة (و٢ ، x) & نقشة (و٣، x) نقشة (و٤ ، x) & نقشة (و٥ ، x)

: : > فلوش (و١ ، و٢ ، و٣، و٤ ، و٥)

باستبدال الثوابت ب وس بالمتغير X .

التغاضي عن الشروط.

من الطرق الأخرى للاستقراء التغاضي عن أحد الشروط المتضمنة في القاعدة؛ وبذلك تصبح القاعدة الجديدة أكثر عمومية من القاعدة الأصلية لاتساع مجال تطبيقها. ويمكن اتباع هذه الاستراتيجية في المثال التالي بتجاهل كل الشروط الخاصة

برتب أوراق اللعب. وباستخدام قاعدة استبدال الثوابت بالمتغير أيضا يمكن أن نحصل على الآتي:

مثال ـ ٣: نقشة (و١ ، ب) & رتبة (و١ ، ٢) &

نقشة (و٢ ، ب) & رتبة (و٢ ، ٥) &

نقشة (و٣ ، ب) & رتبة (و٣ ، ٧) &

نقشة (و٤ ، ب) & رتبة (و٤ ، ٨) &

نقشة (و٥ ، ب) & رتبة (و٥ ، شايب)

: :> فلوش (و١ ، و٢ ، و٣ ، و٤ ، و٥)

والتي يمكن أن تعمم لقاعدة ـ ١ أيضا.

التعميم عن طريق الفصل disjunction.

والطريقة الثالثة هي إضافة اختيارات إلى القاعدة باستخدام أداة الفصل المنطقية «أو»، والتي مثل الطريقة السابقة تجعل القاعدة أكثر عمومية. افرض أننا نريد تعليم فكرة HONOR في لعبة البريدج، فبإعطاء الأمثلة التالية:

مثال ـ ٤ : رتبة (X, ١٠): :> HONOR (X)

مثال ـ ٥ : رتبة (X, ولد): :> HONOR (X)

مثال ـ ٦ : رتبة (X, بن) : :> HONOR (X)

مثال ـ ٧ : رتبة (X, شايب): :> HONOR (X)

مثال ـ ٨ : رتبة (X, آس) > HONOR (X)

ويعطي التعميم باستخدام الفصل المنطقي القاعدة التالية:

قاعدة ـ ٢ : رتبة (x, ١٠) أو رتبة (x, ولد) أو رتبة (x, بنت) أو رتبة (x, شايب) أو رتبة (x, آس).

> HONOR (X)

وهذا التعميم في الواقع أقل مجازفة من التعميات السابقة .

التعميم الكمي :

لنفترض أن لدينا فرديـن من مجموعة أفراد نقوم بدراستهـا ، ووجدنا أنهما يشتركان بخاصية ما بدرجات متفاوتة نرمز لهما ب أ، ب، فيكون افتراض وجود هذه الخاصية في جميع أفراد المجمـوعة بدرجـات تتراوح بين أ وب تعميم منطقي. ومن الواضح أن احتمال الخطأ يتضاءل كلما زادت الأمثلة .

التعميم بتتبع مسار الشجرة .

تحدد الشجـرة في ١٩ ــ ٣ هيئـة الأشكـال المسطحـة ؛ فإذا أعطينـا المعلـومـات التالية :

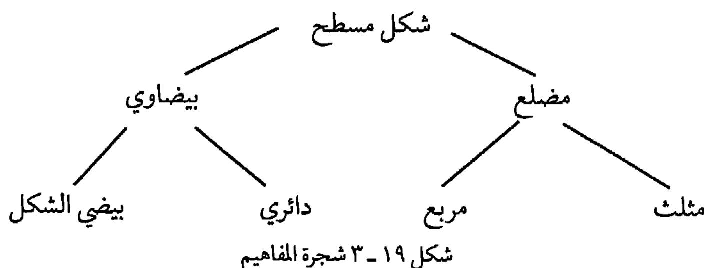
شكل (X,مستطيل) : : > أزرق (x)

شكل (X, مثلث) : : > أزرق (x)

فبتتبع مسارات الشجرة نتوصل إلى التعميم التالي :

شكل (X,مضلع) : : > أزرق (x)

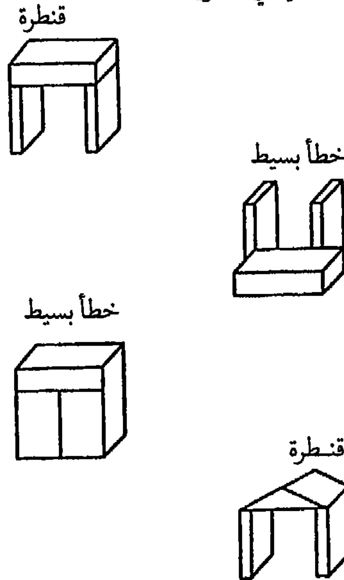
بمعنى أنه إذا عرفنا أن جميع أفراد مجموعة X الذين على شكل مثلث أو مستطيل ذوو لون أزرق. فـإننا نستنتج أن كل الأشكـال المضلعة من مجمـوعة X ذوو لـــون أزرق .



شكل ١٩ ـ ٣ شجرة المفاهيم

برنامج وينستون Winston program

من أمثلة برامج التعلم المعروفة ذلك البرنامج الذي كتبه باتريك وينستون [11] بعهد ماسوتشوستس للتقنية حيث يقوم البرنامج بتعليم مفهوم القنطرة ويوضح شكل ١٩ ـ ٤ كيف يمكن أن تقود الأمثلة المتدرجة بعناية عملية التعلم. فتعطى الصورة الأولى المثال الصحيح للمفهوم المراد تعلمه، بينما تعطى الصورة الثانية مثالا للخطأ القريب near miss، وهي فكرة هامة لوينستون لتبين خطأ في شرط واحد فقط من الشروط الأساسية للمفهوم، وفي هذا المثال هو شرط أنه يجب أن تكون هناك كتلة أفقية ترتكز على الكتلتين الرأسيتين، والخطأ القريب في الصورة الثالثة هو أن الكتلتين الرأسيتين قد لامس كل منهما الآخر، وأخيرا تبين الصورة الرابعة أن المكون الأفقي لا يتحتم أن يكون مستطيلا، بل يمكن أن يكون في شكل منشور. ويعرف البرنامج كيف ينقح مفهومه الأولى لما يجب أن تكون عليه القنطرة وذلك بالاستبعاد التدريجي للملامح غير الأساسية في التعريف.



شكل ١٩ ـ ٤ تعلم مفهوم «القنطرة».

تعلم التراكيب المجردة Learning abstract structures

يهدف برنامج ديتريش وميكاليسكي Dietrich and Michalski المعروف باسم INDUCE [١٢] لوصف المواقف والمفاهيم التي تتميز بأن لها بنية داخلية. ففي بعض الأشكال تدخل المكونات المختلفة في علاقات فيما بينها يمكن أن توصف بكلمتي أعلى أو أسفل، وعلى البرنامج أن يجد أكثر الأوصاف تحديدا والتي يمكن أن تصلح كتعميم للأمثال التالية:

مثال ـ ١ :O ∃ (u, v) : كبير (u) & دائري (u)

O & كبير (v) & دائرى (v)

& أعلى (v, u)

مثال ـ Q٢ ∃ (y, x, w) : صغير (w) & دائري (w)

□ & كبير (x) & مربع (x)

□ & كبير (y) & مربع (y)

& أعلى (x, w) & أعلى (y, x)

الرمز∃ معناه «يوجد».

ويولد البرنامج التراكيب التالية:

مثال ـ ,١ : ∃ (v, u) : أعلى (v, u)

كمثال ,٢ : ∃ (y, x, w) : أعلى (x, w) & أعلى (y, x)

ومنه نستنتج الشرط التالي شرط = أعلى (v, u)، الذي يمثل أكثر التعميمات تحديدا بينها لا يتناقض مع الأمثلة المعطاه.

ويمكن أن يكون التمثيل بواسطة متجه تركيبي syntactic vector : < حجم (u) ، شكل (u)، حجم (v)، شكل (v) >

والتى يمكن في ضوئها إعادة كتابة الأمثلة أعلاه بالشكل التالي:

مثال ـ , ١ : (كبير، دائري، كبير، دائري)

مثال ـ , , ٢ : (صغير، دائري، كبير، مربع)

مثال ـ , , , ٢ : (كبير، مربع، كبير، مربع)

وبمقارنة مثال ـ , , ١ ومثال , , ٢ بمثالي , , ١ و, , , ٢ ، يجد البرنامج المخصص لايجاد التعميم الأدنى الوصف التالي :

(*، دائري، كبير، *) و (كبير، *، كبير، *)

حيث «*» تعني أن الصفة المقابلة لها غير مهمة .

وباستخدام العلاقة البنيوية نجد ما يلي :

شرط ـ ١ :∃ (v, u) : أعلى (v, u) & دائرى (u) & كبير (v)

شرط ـ ٢ :∃ (v, u) : أعلى (v, u) & كبير (u) & كبير (v)

ويعني هذا بكلمات أخرى : يوجد شيء ما كبير أعلى شيء ما كبير آخر ويوجد شيء دائري أعلى شيء كبير. ويمكن أن يعطي هذا إجابة جيدة لسؤال وضع كاختبار للملاحظة .

وهناك أعمال أخرى مشابهة قام بوصفها كودراتوف kodratoff (١٣) .

برنامج AQ11

نصف في هذا الجزء منهجا بديلا للطرق التقليدية لتكوين القواعد الإنتاجية بإجراء حوار مع الخبير البشري المتخصص في المجال. فعلى الرغم من اتخاذ الخبير البشري قرارات صحيحة في معظم الحالات، إلا أنه عادة ما يجد صعوبة في شرح الكيفية التي توصل بها لاتخاذ هذه القرارات، وكثيرا ما ينسى ذكر معايير معينة (التي أخذها في الاعتبار دون أن يعي)، كما أنه لا يعطي تقويما دقيقا لمدى قوة النتائج التي توصل إليها .

ويتمثل المنهج الجديد الذي نطرحه هنا في وضع المعلومات المتضمنة في الأمثلة المعروفة في شكل يمكّن برامج التعلم من استخدامها . وأبسط طريقة لتحقيق ذلك

هي صياغة الأمثلة بنفس الصورة التركيبية للقواعد التي سوف تكتشف.

وقد استحـــدث برنـامج AQ11 بواسطة ريـزارد ميكاليسكى Ryszard Mi-chalski [١٤] بجامعة الينوي، وقد استخدم لتطوير قواعد تشخيص الأمراض التي تصيب نبات الصـويا [١٥]. وتحتوي الأمثلة المعروفـة على وصف ٦٣٠ مرضا من أمراض النبـاتات، يعبر عنهـا كمجموعـات زوجية من المعـايير/ القيم parameter/ value pairs والتشخيص المعروف، ويبلغ عدد الشخصيات المحتملة خمسة عشر وهناك ٣٥ مـن المعايير التي يمكن لكل منهـا أن يتخذ قيمـة تتراوح بين ٢، ٧ وكان عدد الأعراض الممكنة حوالي عشرة [١٥].

وهذا هو مثال لقاعدة أعطاها الخبير البشري:

إذا كانت أوراق النبات عادية & والساق غير عادية

& وعنق النبات به آفة

& والساق بها آفة، ولونها بني

إذن يكون جذر النبات قد تعفن لاصابتـه بفطر الأرومة وتحول خوارزمية البرنامج مشكلة اكتشـاف القواعـد التي تميز الحالات إلى مسألـة تعلم سلسلة من المفـاهيم. وهي في أول الأمر تنظر في جميع الأمثلة المؤيدة لتشخيص معين، ثم تضع وصفا عاما بدرجة كافية بحيث يتفق مع جميع الأمثلة دون استثناء. وتقوم بعد ذلك بتحديد هذا الوصف حتى يستبعـد جميع الأمثلة المعاكسة (أي جميع الأمثلـة المؤيدة للتشخيصات الأخرى)، وهكذا تكرر العملية لكل تشخيص. ويختار البرنامج الأمثلة التى تختلف فيما بينها كثيرا داخل إطار العينـة، لأنها أكثرها أهمية. وقد اختار البرنـامج في حالتنا هذه عينة تضـم ٢٩٠ نبات لعملية التعلم، تاركـا باقي النباتات ويبلغ عددها ٣٤٠ لاستخدامهم في اختبار صحة القواعد المستمدة من العينة (٢٩٠ نبات).

وتؤدي عـملية التعلم هذه إلى بناء برنامج خبير؛ فلنسميه PL، ولنسمي البرنامج المماثل الـذي يتبع الطريقـة التقليديـة في الحوار مع الخبير البشري PD. وفي حـالـة برنامج AQ11 اقترح الخبير البشري بعض الأوصاف التي تطلبت تفاصيل أكثر من

تلك التي تطلبتها صيغة AQ11، مثل بعض القواعد التي تلعب فيها بعض الصفات دورا أساسيا، بينما تستخدم صفات أخرى لمجرد التأكيد. ورغم هذه المرونة الكبيرة، فقد وجد أن PD أقل كفاءة من PL، فقد كان يعطي PL التشخيص الصحيح في ٩٧,٦٪ من حالات الاختبار مقابل ٧١,٨٪ لبرنامج PD. وعلاوة على ذلك أعطى PL ١٠٠٪ من الحالات التي قدم فيها قائمة قصيرة من التشخيصات المحتملة والتي كان من بينها التشخيص الصحيح مقابل ٩٦,٩٪ لبرنامج PD، في الوقت الذي كانت قائمة PL أقصر، وبالتالي يمكن استخدامه لأن نسبة الخطأ فيها أقل.

وليس لنا الحق في اعتبار نتائج هذه التجربة كبرهان على أن الأنظمة الخبيرة التي تبني بطريقة التعلم هذه تتفوق بانتظام على تلك التي تبنى بإجراء الحوار مع الخبير البشري. فقد كان هناك تطابق في البرنامج الذي ناقشناه بين الأعراض والتشخيص. وستعمل برامج التعلم بكفاءة أقل في الأحيان التي تتطلب استخدام نتائج وسيطة intermediate conclusions أو الاستراتيجيات التي تعتمد على النتائج. كما أن الصور التركيبية التي يولدها البرنامج محدودة المجال، بينما يستخدم الخبير البشري صورا أخرى للاستدلال بالإضافة إلى القواعد الإنتاجية، بل يستخدم عدة أشكال في استخدامة للقواعد الإنتاجية؛ بعضها يؤدي إلى التشخيصات المحتملة، وبعضها يساعد في التأكد من التشخيص الصحيح. ومن الصعب تحقيق هذا التمييز بواسطة برنامج التعلم.

وقد حملت بعض القواعد التي يولدها PL بصور منطقية أكثر من اللازم، ويمكن تبسيطها، إلا أن البرنامج ليس لديه المعرفة البديهية التي تمكنه من تبسيطها. ومع هذا، فإن الإنجاز مدهش، ويمكن استخدام التقنية في مجالات أخرى مشابهة. وقد استحسن الخبراء معظم قواعد البرنامج. وبشكل عام يبدو أنه يجب النظر إلى طرق التعلم كأداة تعاون الخبير في وضع قواعده، وكطريقة جديدة للتعاون بين عالم المعلومات والخبير البشري في المجال.

برنامج AM

كتب هذا البرنامج دوجلاس لينات Douglas Lenat [١٦] بجامعة ستانفورد، وهو نموذج مدهش لبرنامج قادر على توليد المفاهيم باستخدام الحجة المعرفية المماثلة لتلك المستخدمة في برامج التعلم. وليس AM برنامجا للتعلم بالمعنى السابق تعريفه لأنـه لا يستخـدم المعـرفـة الجديدة لتحسين أدائه، ولكنـه يعـدل أنشطتـه في ضـوء اكتشافاته. وقد أضفناه هنا لتوافر جميع إمكانات برامج التعلم فيه.

ويبدأ بـرنامج AM بقاعدة معرفة تتضمن ١١٥ من مفـاهيم نظرية المجموعات في شكل كيـانـــات هيكليـة structured objects (انظـــر الفصل الثـــالث عشر)، بالإضافـة إلى عدد من الحجج المعرفية في شكل قواعد إنتـاجية، والتي بتطبيقها على الكيانات الأولية يمكن أن تولد أخرى جديدة.

الكيانات في AM

يتميز كل كيان بمجمـوعة قياسية standard من الخصائص؛ وهـي التعريـف، الأمثلة والأمثلـة المعاكسة، العموميـات، والخصوصيات. وهناك أيضـا قيمة، وهي رقم يرمز لدرجة الأهمية للمفهوم.

انظر المثال التالي لكيان «الأعداد الأولية prime numbers »:

الاسم: الأعداد الأولية

التعريف:

الأصل: عدد من القواسم divisors (x) = ٢

حساب المحمول: أولي (x) = ∀ (y (x \ y) <= y = ١ أو y = x

أمثلة: ٢، ٣، ٥، ٧، ١١، ١٣، ٢٣

العموميات: أعداد صحيحة

أعداد صحيحة لها رقم زوجي من القواسم

الخصوصيات: أعداد صحيحة زوجية

أعداد صحيحة فردية

أزواج من الأعداد الصحيحة

. . . .

القيمة: ٨٠٠ (انظر حم ٢ أدناه)

ويستخدم برنامج AM الأربع قواعد من الحجج المعرفية (حم) التالية كثيرا، وهي تساعدنا على أن نرى بالضبط كيف يسير البرنامج لايجاد مفاهيم جديدة.

حم ـ ١: إذا كانت الخصوصيات لمفهوم (م) ما قد تم توليدها، وإذا كانت المهمة الحالية هي إيجاد أمثلة لكل من هذه الخصوصيات.

إذن قد تكون الأمثلة المعروفة للمفهوم (م) هي أيضا أمثلة لبعض المفاهيم الخصوصية الجديدة.

حم ـ ٢: إذا وجد أن جميع الأمثلة للمفهوم (م) هي أمثلة لمفهوم آخر (م١)، وإذا لم يكن معروفا بعد أن (م) هو تخصص (م١).

إذن افترض أن (م) هو تخصص ل (م١)، وقم بزيادة قيمة المفهومين.

حم ـ ٣: إذا انضوت جميع الأمثلة لمفهوم ما في مجال وظيفة function نادرة الاستخدام.

إذن احسب صورة هذه العناصر تحت هذه الوظيفة وادرس المجموعة الناتجة كمفهوم مستقل.

حم ـ ٤: إذا وجد أن لمفهوم ما أمثلة قليلة جدا.

إذن حاول أن تجد السبب، واعتبر أن المفهوم قليل الأهمية.

وإذا قمنا بتطبيق الحجة المعرفية حم ـ ١ على الأرقام من ١ ـ ١٠٠٠ وعلى مفهوم عدد القواسم المحدد، تكون النتيجة كما يلي:

قاسم صفر = أعداد بصفر من القواسم: لا أحد

قاسم ١ = أعداد بقاسم واحد: ١

قاسم ٢ = أعداد بعدد ٢ من القواسم: ٢ ، ٣ ، ٥ ، ٧ ، ١١ ، ١٣ ، . . . . . .

قاسم ٣ = أعداد لها ٣ قواسم: ٤ ، ٩ ، ٢٥ ، ٤٩ ، ١٢١ ، ١٦٩ ، . . . .

وطبقـا لحم ٤ فإن المجموعـات الصغيرة جـدا ليس لها أهميـة ، وعلى هذا قـاسم صفر وقاسم ١ يمكن أن يستبعـدا . ولا تنطبق أي حم على قاسم ٢ ، ولكن قاسم ٣ لها جذور تامة ، وحم٣ توصي بالنظر في جذورهم التربيعية ، والتي هي مجموعة قاسم ٢ : الأعداد الأولية . وطبقا لحم ٢ يجب زيادة قيمة كل منهما .

وهكذا يولد AM مفاهيم جديدة بتطبيق الحجج المعرفية على المفاهيم الموجودة ، ولكنه لا يستطيع بـالطبع أن يخلق حججا معرفيـة جديدة ، الأمر الـذي يعتبر نقصا خطيرا من وجهة نظر برامج التعلم .

فـالتعليم يتطلب مستـوى أعلى مـن المستـوى الإجـرائى ، وتتطلب القـدرة على اكتشاف الحجج المعرفية الجديدة وجود «ميتا حجج معرفية» metaheuristics التي بدورها تتطلب «ميتا ميتا حجج معرفية» . . وهكذا .

برنامج BACON - 3

يهدف برنـامج BACON - 3 إلى (إعادة) اكتشـاف القوانين الأمبيريقيـة ، وعلى الأخص قوانين الطبيعة مثل قـوانين الغاز التام perfect gas laws ، قانون كـولومب coulomb's law ، وقانون أوم Ohm's law ، وقانون جاليليو ، باستخدام الحجج المعرفية لاكتشـاف الأنساق والانتظام في البيانات المعطاة لـه ، وعلى ضوء ذلك يكوّن الافتراضات التي يسعى لاختبار صحتها بعد ذلك .

ومن الحجج المعرفية المفيدة في اكتشاف العلاقات بين متغيرين عددين التالي :

إذا ازدادت قيمة متغير ما م ـ ١ كلما ازدادت قيمة متغير آخر م ـ ٢ .

إذن افترض علاقة اطرادية متزايدة بين م ـ ١ وم ـ ٢ ، واحسب درجة الميل .

وبإعطاء البرنـامج البيانات في جـدول ١٩ ـ ٥ ، يكتشف البرنـامج قـانون الغاز PV = nRT

يتوصل البرنامج إلى ذلك على مراحل . أولا يكتشف أن p (الضغط) يزداد كلما

ازداد V (الحجم) مما يجعله ينظر في حاصل ضرب الضغط في الحجم PV؛ إلا أنه يجد أن هذا ليس ثابتا. ولكنه يحتفظ بنفس القيمة عندما تبقي T (درجة الحرارة) ثابتة. وحيث أنه وجد أن PV تزداد كلما ازدادت الحرارة، ينظر البرنامج في احتمال PV/T، والتي تظهر قيمتها في جدول ١٩ ـ ٦. والملاحظة الثانية هي أن هذه الكمية الأخيرة تتزايد مع أعداد جزيئات moles'n، الغاز، مما يدعو للنظر في حاصل قسمة جديدة PV/nT، ويتضح أنها كما هو واضح من جدول ١٩ ـ ٧ ثابتة. وأثناء عمل البرنامج يقوم بالنظر في احتمالات أخرى إلا أنه يجد أنها لا تؤدي إلى نتائج هامة.

Moles	*Temperature*	*Pressure*	*Volume*	*PV*
1	300	300 000	0.008 320 0	2 496.0
1	300	400 000	0.006 240 0	2 496.0
1	300	500 000	0.004 992 0	2 496.0
1	310	300 000	0.008 597 3	2 579.2
1	310	400 000	0.006 448 0	2 579.2
1	310	500 000	0.005 158 4	2 579.2
1	320	300 000	0.008 874 7	2 662.4
1	320	400 000	0.006 656 0	2 662.4
1	320	500 000	0.005 324 8	2 662.4

جدول ١٩ ـ ٥ بيانات متوافقة مع قوانين الغاز التام

Moles	*Temperature*	*PV*	*PV/T*
1	300	2 496.0	8.32
1	310	2 579.2	8.32
1	320	2 662.4	8.32
2	300	4 992.0	16.64
2	310	5 158.4	16.64
2	320	5 324.8	16.64
3	300	7 488.0	24.96
3	310	7 737.6	24.96
3	320	7 987.2	24.96

جدول ١٩ ـ ٦ القيم الناتجة من جدول ١٩ ـ ٥ بعد اعتبار أن PV/T يمكن أن تكون كمية مهمة

Moles	*PV/T*	*PV/NT*
1	8.32	8.32
2	16.64	8.32
3	24.96	8.32

جدول ١٩ ـ ٧ القيم الناتجة من ١٩ ـ ٦ بعد اعتبار أن PV / NT

(حيث N عدد الـ moles في الغاز) يمكن أن تكون كمية مهمة

الخاتمـة

مازالت طـرق التعلم المستخدمـة حتى الآن متخصصة جدا، لأنها إمـا مقصورة على مجالات ضيقة، أو لأنها تعتمـد على بنية معرفيـة محدودة بأنماط تركيبية جـامدة؛ بينما في المقابل تختلف طرق وأساليب التعلم الإنسانية باختلاف الموضوع، ويمكن أن تعمل في ميادين مختلفـة تماما. وقليل جـدا من البرامج الموجودة لها قـدرات تعليمية حقيقية، فـلا تزداد المعـرفة المخـزنة بها إلا بعـد التدخل البشري أثـر تقويـم أدائها. وسيصبح ذلك أكثر صعوبـة في المستقبل، عند تطوير برامج بها مـلايين عديدة من القواعد. إن برامج التعلم أمامها في الواقع مستقبل عظيم.

المراجع

(1) Samuel A. L. (1963), "Some studies in machine learning using the game of checkers,in Computers and thought, Feigenbaum and Feldman (eds.)", New York, McGrow-Hill, pp. 71-105.

(2) Waterman D. A. (1970), Generalization learning techniques for automating the learning of heuristics",Journal of Artificial Intelligence 1, pp. 121-170.

(3) Selfridge O. G., Neisser U. (1963), Pattern recognition by machine,in Computers and thought, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGrow-Hill, pp. 237-256.

(4) Rosenblatt, F. (1958), The perceptron: a theory of statistical separability in cognitive systemsTechnical Report VG-1196-G-2, Cornell aeronautical lab.

(5) Simon H. (1983), Why should machines learn",in Machine learn ing, an artificial intelligence approach, Michalski, Carbonell (eds.), Palo Alto, California, Tioga Publishing Company.

(6) Feigenbaum E.A. (1963), The simulation of verbal learning behaviour,in Computers and thought, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGrow-Hill,x pp. 228-284.

(7) Michalski R. S., Carbonell J. G., Mitchell T. M. (1983) eds., Machine learning, an artificial intelligence approach, Palo Alto, California, Tioga Publishing Company.

(8) Smith H.A., Lea G. (1974), Problem solving and rule induction: a

unified view, in L. Gregg (ed.), Knowledge and acquisition, Hillsdale, N.J. Lawrence Erlbaum.

(9) Simon R.G., Mitchell T. M., Chestek R. A., Buchanan B. G. (1977), A model for learning systems Stanford Heuristic Programming Project Memo HPP-77-14.

(10) Mitchell T.M. (1983), Learning and problem solving' IJCAI - 1983, pp. 1139 _ 1151.

(11) Winston P. H. (1975), Learning structural descriptions from examples, in The psychology of computer vision, P. Winston (ed. O), New York, McGrow-Hill.

(12) Dietrich T. G., Michalski R.S. (1981), Inductive learning of structural descriptions: Evaluation criteria and comparative review of selected methods",Artificial intelligence 16, pp. 257-294.

(13) Kodratoff Y., Sallantin J. (1983) eds., "Outils pour l'appreissage, Publication du GR 22, Journees d'Orsay, January 1983).

(14) Michalski R.S., and Larson J.B. (1978) "Selection of most representative training examples and incremental generation of VLI hupotheses: The underlying methodology and the description of programs ESEL and AQ11," Rep. No. 867, Computer Science Department, University of Illinois, Urbana.

(15) Michalski R. S., and Chilauski R. L. "Learning by being told and learning from examples: An experimental comparison of the two methods of knowledge acquisition in the context of developing an expert system for soybean disease diagnostic",International Journal of Policy Analysis and Information System 4, pp. 125-161.

(16) Lenat D. B. (1977), "The ubiquity of discovery",Artificial Intelligence, Vol. 9, 3.

(17) Langley P. (1981), "Data-driven discovery of physical laws," Cognitive Science 5, pp. 31-54.

الفصل العشرون
الوعد والأداء

نهدف في هذا الفصل الأخير إلى إعطاء فكرة عما يمكن توقعه من تطبيقات ناجحة للذكاء الاصطناعي في المستقبل القريب، وعن الموضوعات التي من المحتمل أن تظل لسنوات عديدة قادمة مجالا للبحث. وقد أظهرت محاولات التنبؤ المماثلة في معظم الميادين إلى أخطاء فادحة في تقدير ما يمكن توقعه على المدى القصير، ولا شك أن محاولتنا هنا عرضة لنفس الخطأ، إلا أن النتائج تشير إلى اتفاق تقديراتنا بشكل عام مع التقديرات الأخير للباحثين الأمريكيين [١] والأوروبيين [٢، ٣] في استجابتهم للإعلان عن المشروع الياباني لحاسبات الجيل الخامس. وقد تأكدت تقديراتنا بالنسبة إلى موضوعين وضع عليهما التركيز الرئيسي في هذا الكتاب وهما معالجة اللغات الطبيعية والنظم الخبيرة. وقد اصطدمت محاولة جعل الحاسب يفهم فهما تاما نصوصا غير محدودة من اللغات الطبيعية بعقبات عنيدة في ظل الحالة الراهنة للتقنية في هذا المجال. ويضطر مصممو برامج معالجة اللغات الطبيعية اليوم إلى أن يقيموا برامجهم على افتراضات مبسطة وذلك لأن هذه البرامج لا تتصل بالعالم الحقيقي الخارجي، . فهي لا تستطيع أن ترى المتكلم أو أن تعرف ما يكفي عن البيئة الطبيعية بحيث تميز بين الأصوات اللغوية والضوضاء التي قد تصاحبها. وتشمل مثل هذه الافتراضات أن الكلام الذي يحلله البرنامج مكون من كلمات منفصلة (أي أن المتكلم يتوقف بعد كل كلمة قبل أن يقول الكلمة التالية)، وأن تكون التراكيب والمفردات محدودة، ويكون عدد المتكلمين محدودا للغاية، وعادة ما يكون شخصا واحدا.

وتقتصر البرامج التجارية الحالية على متحدث واحد ومئات قليلة من الكلمات، التي يجب إن تصاحبها وقفة قصيرة بعد كل واحدة؛ وهناك أيضا برامج للتحكم في

الإنسان الآلي عن طريق توجيه الأوامر المنطوقة إليه . أما البرامج المتقدمة مثل برنامج شركة الأي ب م والذي يستطيع فهم عدة آلاف من الكلمات، لا تستطيع العمل في المواقف العملية لأنها بطيئة جدا، فهي تعتمد على حساب احتمالات تتابع كلمات معينة بعد أخرى معينة، وهذه طريقة لا يستخدمها السامع البشري .

لذلك يبقى فهم الكلام خارج نطاق محدود جدا هدفا بعيدا الأمد . وسيعتمد التقدم فيه على نتائج أبحاث فهم اللغة المكتوبة (أي اللغة التي أدخلت إلى الحاسب عن طريق لوحة المفاتيح)، والتي قطعت شوطا كبيرا لأنها لم تعان، كما يحدث في حالة الكلام، من فقدان المعلومات نتيجة للتفسير غير الكامل للرسالة اللغوية . ويستحيل عادة استرجاع المعلومات التي فقدت بهذه الطريقة، حتى بمساعدة المعرفة على المستوى الدلالي أو المقامي pragmatic . وسيعتمد التقدم على المدى القصير في هذا المجال على استخدام رقاقات Chips متخصصة للقيام بمهام خاصة؛ وبها يمكن أن يستمر التحليل على مستويات مختلفة بشكل متواز في آن واحد، متناولا مثلا اختيار الكلمات والتركيب وأوجه المعاني والمقام، ويساهم كل منها في برنامج لحل أي تضارب فيما بينها وللتوصل إلى التفسير الأكثر احتمالا .

وسيغمر الأسواق في السنوات القليلة القادمة العديد من البرامج لاستخراج المعلومات من قواعد البيانات بالرد على استفسارات باللغات الطبيعية، وسيستمر البحث بهدف بناء برامج أكثر ذكاء وأكثر كفاءة في التعاون مع المستخدم، آخذة في الاعتبار القواعد العامة للحوار، ودوافع وطبيعة المستخدم . وبهذا تستطيع الآلة أن تنوع طبيعة إجابتها وفقا لما تعرفه عن المستخدم . والأكثر من هذا، لن تقتصر الآلة على استخراج المعلومات من قاعدة المعرفة المخزنة بها حول موضوع الاستفسار، بل سيكون لها «الحصافة والبديهة» لتساعدها على التفكير العام جيدا، وبذلك تبدي سلوكا أكثر ذكاء، ولكن سيكون ذلك على المدى البعيد جدا .

ومازال فهم وتوليد الوثائق في مراحله الأولى، ويتطلب تمحيص وفحص الوثائق، بطبيعته، عددا غير محدود من المفردات، ولا تستطيع الطرق الحالية أن تفعل أكثر من التعرف على الكلمات المفتاحية key words . ويجب أن تتمكن الآلة

ـ مع إحراز التقدم في المستقبل في فهم اللغات الطبيعية ـ من إحراز ما يود المستخدم معرفته بالضبط، وأن تجد المراجع المناسبة، بدلا من إعطائه قائمة طويلة من الاحتمالات والتي عليه أن ينظر فيها ويختار ما يناسبه. ومن المحتمل أن يصبح الإنتاج الآلي أو شبه الآلي للوثائق المتخصصة جدا مثل كتيبات manuals الإصلاح والصيانة ممكنا في السنوات الخمس القادمة.

لقد أثبتت النظم الخبيرة بالفعل نجاحها، على كل من المستوى التقني وكوعاء للمعرفة. وسنحل في المستقبل محل كثير من البرامج الإجرائية التقليدية التى أصبحت من الضخامة بحيث يستحيل تجديدها أو تطويرها. ومن المحتمل بناء كثير من النظم الصغيرة التي تحتوي على بضع مئات من القواعد للمساعدة في بعض المسائل المتخصصة جدا والتي يوجد لها خبراء بشريون إلا أنهم غير متاحين بسهولة. وفي بعض الأحيان تكون الخبرة الحيوية لبعض الشركات والمؤسسات قاصرة على حفنة صغيرة من الخبراء البشريين، ويسبب وفاة أو رحيل أحدهم عن المؤسسة خسارة فادحة، وهنا يكون من الأهمية على المستوى الاقتصادى والعلمي حفظ مثل هذه الخبرة في شكل برامج متاحة بسهولة وعلى نطاق واسع. وبالإضافة إلى كونها تشكل درع الأمان للمؤسسة، فإنه يمكن دائما تطويرها وتجديدها كلما استجد جديد وتوافرت معلومات جديدة في مجالها. ويمكن توقع تقدم في الميادين التالية: البنوك لتقدير المخاطرة ومسائل الإفلاس، الاستشارات الاستثمارية، التأمين لتقديم مجموعة الخبرات اللازمة لتقدير أقساط التأمين، المسائل الإدارية والقانونية، لتقديم المشورة والعون في أمور بيع العقارات والميراث. وسيختلف مستوى الخبرة باختلاف المستخدمين فقد يكونوا من المحترفين الذين يفهمون المصطلحات الفنية أو من الجمهور العام الذين يستخدمون ببساطة حاسباتهم الشخصية من منازلهم. كما سيكون هناك برامج للمساعدة في حالة الكوارث الطبيعية كالفيضانات، وهبوط الأرض، وثورات البراكين، والزلازل والحرائق. . . حيث يمكن للنظم الخبيرة التحكم في الموقف و إبداء النصيحة بالتعاون فيما بينهم والعمل بشكل متواصل دون كلل لتنظيم إجراءات الإنقاذ.

وسيستمر البحث بهدف بنـاء برامج تحتـوي على عشرات الألوف من القـواعد. وسيتطلب ذلك تطوير أساليب بناء جديدة architecture، وخاصة المعالجة المتوازية حيث تصبح ضرورية سـواء بالنسبـة للعتاد bardware أو البرامـج software. وسيكون لهذه البرامج مستويات عديدة من المعرفة، حيث يمكن للمستويات العليا أن تستخدم المستويـات الدنيا بذكاء، فإذا سئل برنـامج عن رقم تليفون لشخص ما متوفي. فإنه ليس من الضروري أن يبحث في قـاعدة البيانات لديه لمعـرفة ما إذا كان لديه الرقم.

وسترتبط نظم خبيرة مختلفـة تتعلق بنفس الموضوع بشبكـة اتصال واسعـة بحيث تسمح لأي منها بتحويل الاستفسار الموجه إليها إلى إحدى النظم الأخرى إذا اعتبرت الثـاني أقـدر على الإجـابـة على هـذا السـؤال بـالـذات، ويكـون الأمـر هكـذا في الاستفسارات الطبية مثلا، وبالنسبة للزراعة يمكن بناء برامج متخصصة على أساس إقليمي.

وستجعل النظم الخبيرة نقل المعرفة بين الميادين المختلفـة أكثر سهولة، كما تسهّل عملية التحقق مـن مواد المعرفـة وطرق الاستـدلال التي يستخدمـونها، كما تستخدم كأسـاس للنقـاش بين الخبراء من نفس المجـال أو من مجالات مختلفـة الـذين قـد لا يتبعـون نفس الطـرق في حل المسائل. وتستطيع هـذه النظم تـوضيح خطـوات حل المسائل للطالب بدلا من مجرد عرض النص على الشاشة كما هو متبع في برامج التعلم بمسـاعـدة الحاسب الحاليـة. وفي الحقيقـة إذا لم نستخـدم إمكـانـات الحاسب في الاستدلال والتفاعل، فإنه قد يكون من الأفضل لنا استخدام وسيلة التعلم التقليدية وهي الكتاب.

وما تـزال الطرق المستخـدمة اليـوم لتمثيل المعرفـة مقصورة على أنـواع معينة من المهام، وأكثر مـا فهمنا من المشاكل هي تلك المتعلقة بـالتشخيص الطبي، وتنطوي عادة على إيجاد افتراض (الذي يسمي تشخيص) بحيث يفسر بطريقة منتظمة وثابتة مجموعة من البيانـات. ولازال أمامنا شوط طويل قبل التوصل لحلـول مرضية لمسائل التكهنات prognosis أو بناء كيانات هيكلية معقدة، خاصة عندما لا يمكن التعبير

عن المعايير المميزة بالأسلوب التقني مثل المعايير الجمالية أو الفنية، وفي بعض المسائل تعطى أنـواع من المعلومـات كالمتعلقـة بالـزمن والمكـان بطريقـة عشوائيـة ولا يمكن التعميم بها بسهولـة. ويجب أن نمثل المعرفـة المكانيـة في الآلة ـ في حـدود إمكانـاتنا الحالية ـ بصورة واضحة تعـوض الآلة عن إدراكنـا الفيزيقي بالمكـان. ولا نتوقع أن نتمكن في السنوات الخمس القادمة من ربط إدراكنا السمعي أو المرئي بالنظم الخبيرة على مستوى عال.

وسيستمر الباحثون في تطوير أدوات بنـاء النظم الخبيرة وستساعد هذه في معالجة أنواع جـديدة من المسائل، وعلى الاستفادة من معـرفة ومعلومات في مجالات عـديدة على أن تكون المعرفة في كل ميدان مصاغة بتركيب syntax مماثل، وأن تكون أهداف المعرفة واحدة.

وتؤدي العلاقة الرمزية مع أبحاث فهم اللغات الطبيعية إلى نظم سهلة الاستعمال ومتـاحـة لغير علماء المعلومـات، وستستحـدث بـرامج متخصصـة للقيام بـالمهمـة المتخصصة وهي استخلاص المعـرفة الأساسية ـ من بين المواد المحيطـة ـ ويستخدم هذه البرامج عـالم المعرفـة لتسهيل مهمته لمسـاعدة الخبير البشري في استخـراج كامل معـرفتـه وخبرتـه وأن يبينهـا بـالصـورة التي تمكن آليـات الاستـدلال من الاستفـادة منها.

ويستمر علماء المعلـومات اليوم في تطـوير قواعـد المعرفـة في برامجهم باليـد لعدم وجـود طـريقـة أفضل، ويسمح بـذلك صغـر حجم البرامج الحاليـة، ولكن مـاذا سيحدث عندما يصل حجم القواعد في بـرامجهم إلى أكثر من مليون قاعدة ومفهوم؟ على البرامج التى على هـذه الـدرجة مـن الضخامـة أن تتعلم من الخبرة، وأن تطـور نفسها بـاستخدام قـواعد بسيطـة يضيفها الخبير الإنسـاني لتقويم أدائهـا. فهي أولا ستصبح قادرة على تحسين قواعـد معرفتها، ثم تطور بعد ذلك آليـات استخدام هذه القواعد أي استراتيجياتها العليا.

وسيفقد النقد الشـائع القائل بأن الحاسبات لا تستطيع أن تفعل إلا ما يأمـرها به الإنسان مشروعيته أكثر فأكثر.

المراجع

(1) Feigenbaum, E.A., A., McCorduck, P. (1983). The Fifth Generation, Reading, Mass. addison-Wesley (London, Pan Books 1984).

(2) Project ESPRIT (1983), Report of the EEC, Brussels.

(3) English, M. (1983). The European IT-Industry, Report of the EEC, Brussels.

المصطلحات الواردة بالكتاب بالترتيب الأبجدي للمصطلح العربي

theorem proving	إثبات النظرية
domestic procedures	إجراءات، برامج إجرائية داخلية
fragments	أجزاء (صغيرة)
life-support system	أجهزة مساندة الحياة
composition of probabilities	احتمالات مركبة
anorexia	اختناق
provisional choice	اختيار تجريبي
replacement of constants by variables	استبدال الثوابت بالمتغيرات
exclusive	استبعادية
inference	استدلال
control strategies	استراتيجيات التحكم
forward deduction	استنباط أمامي
taxonomic-type deductions	استنتاجات تصنيفية
gamma-radiation	إشعاع جاما
normalized signatures	أشكال أساسية
arbitrary	اعتباطي
frame	إطار
arcs	أقواس
detection of anomalies	اكتشاف أوجه القصور
heuristics	الاجتهاد
interpreting procedure	الإجراء التفسيري ـ خطوات المفسر
interpretive procedures	الإجراءات التفسيرية
performance	الأداء
elimination	الاستبعاد

الاستحسان	plausibility
الاستخدام اللغوي	language use
الاستدلال التقريبي	approximate reasoning
الاستدلال الرمزي	symbolic reasoning
الاستدلال غير المطرد	non-monotonic reasoning
الاستدلال بالسليقة	common sense reasoning
الاستدلال غير المؤكد	uncertain reasoning
الاستراتيجيات العليا	high-level strategies
الأسوار المنطقية	logical quantifiers
الإطارات	frames
الأعداد الأولية	prime numbers
الآلة المغلقة	closed engine
الأمراض الباطنية	internal medicine
الأمراض المعدية	infectious illnesses
الاتساق المنطقي	logical consistency
الانتظام	regularity
الأنحاء الكلية	universal grammer
الإنسان الآلي المستخدم في الصناعة	industrial robots
الانفجار التجميعي أو التوافقي	combinatorial explosion
البحث الأعمى	blind search
البحث عن الكلمات المفتاحية	keyword searches
البرامج	software
البناء التركيبي	modular struct
البنية الظاهرية	superficial structure
البنية السطحية	surface structure
البنية الليثومية	Lithological structure

آلة الاستنتاج	inference engine
آلة التمييز الصناعي	perceptron
التحجر	fossils
التحليل الصوري	formal analysis
التداعي الحر	free association
الترابطات ـ العلاقات	dependencies
الترجمة الآلية	machine translation
التركيب الشجري	tree structure
التركيب أو البنيةالهيكلية	architectural structure
التشخيص يفترض الملاحظة	diagnosis suggests observation
التضمين بالشرط	implication
التعرف علي الكلام	speech recognition
التعليم التلقائي	spontaneous learning
التعليم بمساعدة الحاسب الآلي	Computer Assisted Instruction
التعميم الكمي	generalization by intervals
التفجر التجميعي	combinatory explosion
التكامل الجبري	algebraic integration
التكامل الرمزي	symbolic integration
التكرار النسبي	relative frequency
التكلس	calcite
التكهنات	prognosis
التماثل	analogy
التمثيل الإجرائي	procedural representation
التمثيل الداخلي	internal representation
التمثيل الرمزي	symbolic representation
التمثيل المعلن	declarative representation

التمييز	discrimination
التناظر الهندسي	geometrical analogy
التهاب النسيج الكلوي	cellulitis
التوحيد	unification
الثاقب	driller
الثقل	weight
الجانب القانوني	legalistic aspect
الجزيئات	molecules
الجزيء العضوي	organic molecule
الجملة المتدخلة	nested clauses
الحجة المعرفية	heuristic reasoning
الحجر الجيري	limestone
الحد	argument
الحس السليم	common sense
الحفظ الصم	Rote learning
الحوار الموجه	guided dialog
الخطأ القريب، الخطأ البسيط	near miss
الخلايا العصبية	neurons
الدلالة التفصيلية	preference semantics
الرسالة اللغوية	Linguistic signal
الروابط المنطقية	logical connectives
الروماتيزم	rheumatology
السائل السحائي	cerebro-spinal (meningeal fluid)
السور	quantifier
السور الكلي	universal quantifier
السور الوجودي	existential quantifier

السيناريوهات	scenarios
الشكل البنيوي للقصة	the structure of a narrative
الشكل الداخلي	internal form
الصورة الإجرائية	procedural form
الطبيعة التكرارية	recursive nature
الطرق الخوارزمية والتجريبية	heuristic and algorithmic methods
الطرق الوسيطة	intermediate methods
الطريقة البيسية	Bayesian method
الطفل	shale
العتاد ـ الأجهزة	hardware
العقد الشقيقة	sibling nodes
العقدة السلفية	ancestor node
العلاقات بين المفاهيم	conceptual relations
العلاقة التبادلية	trade-off
العمق أولا	depth first
العمليات الاستدلالية	inferential processes
العمليات الاستقرائية	inductive processes
العمليات الاستنباطية	deductive processes
العمليات الاستنتاجية	inferential processes
العمليات المعرفية	congitive processes
العمومية و الكفاءة	generality and efficiency
الغدة الدرقية	thyroid
الفترة الطباشيرية	jurassic period
الفصل	disjunction
القابلية للتركيب	modularity
القاطع	syllables

Production rules	القواعد الإنتاجية
boolean values	القيم البولية
competence	الكفاءة
key words	الكلمات الإرشادية أو المفتاحية
structured objects	الكيانات الهيكلية
inflectional languages	اللغات التصريفية
recursive language	اللغة التكرارية
pursuit	المتابعة
variable	المتغير
super groups	المجموعات العليا
fuzzy set	المجموعة الغامضة
conceptual analyzer	المحلل الفكري
predicate	المحمول
input	المدخل
conceptual level	المستوى الادراكي
coefficients	المعاملات
clinical parameters	المعاملات الإكلينيكية
procedural knowledge	المعرفة الإجرائية
factual knowledge	المعرفة الحقائقية
knowing how	المعرفة الكيفية
knowing what	المعرفة الماهية
declarative knowledge	المعرفة المعلنة
resistivity	المقاومة
primitives of verbs	المكونات الدلالية للأفعال
observation suggests diagnosis	الملاحظة توحي بالتشخيص
inferential logic	المنطق الاستدلالي

inductive logic	المنطق الاستقرائي
deductive logic	المنطق الاستنباطي
classical logic	المنطق التقليدي
formal logic	المنطق الصوري
Context Free Grammar (CFG)	النحو المتحرر من السياق
transformational grammar	النحو التحويلي
traditional grammar	النحو التقليدي
formal grammar	النحو الصوري
systemic grammar	النحو النسقي
the first version	النسخة الأولى من البرنامج
expert systems	النظم الخبيرة
interface modules	الوحدات البينية
inheritance	الوراثة
conjunction	الوصل
interfaces	الوصلات البينية
initial state	الوضع الأول أو الحالة الأولية
final state	الوضع النهائي ـ الحالة النهائية
reasoning mechanisms	آليات الاستدلال المنطقي
mechanism	آلية نظام المعالجة الآلية
arrangement of basic symbols	انتظام الرموز الأساسية
tectonic activities	أنشطة بنائية
feedback systems	أنظمة التغذية الراجعة
formal rule systems	أنظمة القواعد الصورية
information processing systems	أنظمة معالجة المعلومات
fixed patterns	أنماط ثابتة
Finite State Automata (FSA)	أوتاماتية الحالات المحدودة

schemas	أوصاف منطقية شاملة
focus	بؤرة الاختبار
soundwave propagation	بث موجات الصوت
default	بديل افتراضي
demons	برامج إجرائية حارسة
software tools	برامج أدواتية
data acquisition programs	برامج اكتساب البيانات
editors	برامج التنقيح
natural language interface	برامج بينية باللغات الطبيعية
friendly interface	برامج بينية ودية
interpreters for grammar	برامج تفسير الأنحاء، مغزى الأنحاء
menu-driven programs	برامج ذات قوام
friendly programs	برامج ودية
theorem proofs	براهين نظرية
a discrimination function	برنامج تصنيف الكيانات ـ وظيفة تمييز
non-hierarchical manner	بطريقة غير هرمية
integrated architecture	بناء متكامل
molecular structrues	بنية الجزئيات الأساسية
mass-spectograph data	بيانات أجهزة مطياف الكتلة
spectographic data	بيانات طيفية
data structure	بيانات هيكلية
function	تابع أو دال
commonly-arising situations	تتابع مقنن للأحداث
fragmentation	تجزء
analysis of questions	تحليل الاستفهامات
speech synthesis	تخليق الكلام

ترابط المفاهيم، الترابط الفكري	conceptual dependency
ترابطات	correlations
تراكيب الكلام ـ التراكيب	syntax
ترسيب	sedimentology
تركيبات (لغوية) مطمورة	nested constructions
تسلسل أمامي	forward chaining
تسلسل خلفي	backward chaining
تشويه	perturbation
تصنيف بنيوي	taxonomic structure
تصنيفات عامة	taxonomies
تضخم الكلى	nephretic syndrome
تعرج	meanders
تفاعل الإنسان مع الآلة	man machine interaction
تفاعلي	interactive
تفسير الأشكال المرئية	interpreting images
تفسير العبارة أو الجملة	interpreting a phrase
تقاطع المجموعات	intersection of sets
تقنين	standardization
تكرار ـ إرجاع	recursion
تكراري	iterative
تلوث	streptococcal
تمثيل إداركي	conceptual representation
تمثيل المعرفة	knowledge representation
تمثيل المعني، التمثيل الدلالي	semantic representation
تمثيل رمزي	symbolic representation
تمحيص الشجرة	pruning the tree

logical discrimination	تمييز منطقي
activating a rule	تنشيط أو استخدام قاعدة
unification	توحيد
generation of hypotheses	توليد الفروض
text generation	توليد النصوص
binary	ثنائي
revolutions (in science)	ثورات علمية
vector and matrix algebra	جبر المصفوفات والمتجهات
islands of confidence	جزر الثقة
states	حالات
differentional and integral calculus	حساب التفاضل والتكامل
propositional calculus	حساب القضايا
predicate calculus	حساب المحمول
problem solving	حل المشاكل أو المسائل
conflict resolution	حل أو فك التضارب
general problem solver	حلال المشاكل العام
tricks of the trade	حيل الصنعة أو المهنة
aerobic	حيهوائي
reasoning path	خط التفكير المنطقي
algorithm	خوارزم
minimax algorithm	خوارزمية الأدنى ـ الأعلى
attributes	خواص
plausibility measures	درجات الاستحسان
liklihood measures	درجات الترجيح
plausibility value	درجة الاحتمال
degree of necessity	درجة الضرورة

degree of sufficiency	درجة الكفاية
student profile	دليل قدرات الطالب
session	دورة التحاور مع الحاسب
prompt	رسالة حث
chips	رقاقات
dikes	رقبات بركانية
forward linking	روابط أمامية
the rule space	ساحة القواعد
facets	سطيحات
deterministic behavior	سلوك حتمي
attributes	سمات ، صفات مميزة
script	سيناريو
display screen	شاشة عرض
Recursive Transition Networks (RTNs)	شبكات الانتقال المتكرر
Augmented transition networks	شبكات الانتقال المعززة
discriminatory networks	شبكات تميزية
semantic networks	شبكات دلالية
Partitioned Semantic networks	شبكات دلالية مجزأة
logical networks	شبكات منطقية
casual association networks	شبكات الترابطات السببية
descriminitating networks	شبكة تمييز
decision trees	شجرات اتخاذ القرار
syntactic tree	شجرة الإعراب
graph	شكل بياني
reefs	صخور منحدرة
morphemic	صرفية

phonetic	صوتية
formalization	صورنه
formal	صوري
formalism	صياغة
hypertension	ضغط الدم المرتفع
neuro-opthlalmology	طب العيون العصبي
heuristic methods	طرق تجريبية
control structure	طريقة التحكم
contextual aspects	ظواهر ـ نواحي سياقية
pronominal reference	عائد الضمير
geneticist	عالم الوراثة
numerical	عدديا
nodes	عقد
causal relations	علاقات سببية
relation	علاقة
palaeontology	علم الإحاثة
cybernetics	علم السبرانية
stratigraphy	علم طبقات الأرض
information scientists	علماء المعلوماتية
substitution processes	عملية الاستبدال أو الإحلال
ambiquity	غموض
non-erythematous	غير روماتزمي
mouse	فأرة
disjoint subset	فرع أو مجموعة فرعية منفصلة
acute renal failure	فشل كلوي حاد
understanding of texts	فهم النصوص

فونولوجية	phonological
قاعدة البيانات	data base
قاعدة القواعد	rule base
قاعدة المعرفة	knowledge base
قالب	template
قضية	proposition
قطر الأرومة	rhizoctonia
قفزة (انتقال)	jump
قمم طينية	clay peaks
قواعد إعادة الكتابة	rewriting rules
قواعد الاستدلال	rules of inference
قواعد إنتاجية	production rules
قوانين الغاز التام	perfect gas laws
قيود	constraints
كائن عضوي	an organism
كتل خط السلك	wireline logs
كتيبات إرشادات استخدام الأجهزة ـ البرامج	manuals
كثبان	dunes
كلمة الإدخال ـ الكلمة الداخلة	input world
كيان أو شيء	object
لا منتهية	infinite
لغات البرمجة الإجرائية	procedural languages
لغات البرمجة الدنيا	low-level languages
لغة الآلة	machine language
لوحة مفاتيح الحاسوب	keyboard
ما وراء القواعد	meta rules

metal knowledge	ما وراء المعرفة
indices	مؤشرات
cursor	مؤشر الشاشة
promising	مبشرة
vector	متجه
syntactic vector	متجه تركيبي
compiler	مترجم لغات البرمجة
inclusive	متضمنة
not asymmetric	متماثل
counter-example	مثال مناقض
Memory Organization Packets	مجموعات تنظيم الذاكرة
a subset of	مجموعة فرعية من
set of registers	مجموعة من المسجلات
terminal	محطة إدخال طرفية
predicate	محمول
propagation of constraints	مد القيود
dictionary entry	مدخل معجمي
normal periods (in science)	مراحل اعتيادية في تطور العلوم
synonyms	مرادفات
Nominal Group (NG)	مركب اسمي
Verbal Group (VG)	مركب فعلي
culture	مزرعة
cryptarithmetical problems	مسائل الهاليز الرياضية
abstract spaces	مساحات مجردة
path	مسار
carbon platforms	مساطب الكربون

مسامية	porosity
مشكلة العطف والحذف	The problem of Conjunctions and elliptice
مصفوفة	array
مضاعفات	complications
مضاهاة التشكيلات	pattern matching
مضاهاة وتصنيف التشكيلات	pattern classification and recognition
معالجة	processing
معالجة الأزمات	crisis management
معامل القيمة الأكبر	coefficient of maximum value
معاملات تغير الحالة	state-change operators
معاملات منطقية	logical operators
معرفة إجرائية	procedural knowledge
معرفة تجريبية	heuristic knowledge
معلومات خلفية	background information
مفسر اللغة الإنجليزية	English Language Interpreter
مفهوم الفلوش في لعبة البوكر	the concept of a flush in poker
مفهوم القوس المعماري	the concept of an arch
مقاطع الكلمات	syllables
مقاماتية ـ براجماتية	pragmatics
مقدمات	premises
مقولات	categories
مقولات طرفية	terminal categories
مقولات غير طرفية	non-terminal symbols or categories
من أسفل لأعلى	bottom up
من أعلى لأسفل	top down
منطق الدرجة الأولى	First Order Logic

موروث	innate
ميكانيزمات عمليات الاستدلال	reasoning mechanisms
ميكانيكية إعادة البناء	reconstructive mechanism
ميكانيكية تطبيق السيناريو	script applier Mechanism
نتائج وسيطة	intermediate conclusions
نحو الحالات الإعرابية	case grammar
نحو القصة	story grammar
نحو بناء الجملة	phrase structure grammar
نسخة	version
نظام التشغيل	operating system
نظام خبير	expert system
نظام رمزي للاستدلال	symbolic reasoning system
نظرية الأخطاء البناءة	theory of constructive errors
نظرية المجموعات	set theory
نقل الخبرة	transfer of expertise
نقل الخصائص	transmission of properties
نموذج	prototype
نموذج الساحتين	two-space model
نموذج السبورة	blackboard model
هيكل الاقتراب	access skeleton
هيكل المعلومات	data structure
هيكلة المعرفة	structuring of knowledge
وحدات صوتية	segments
وحدة العناية المركزة	intensive care units
وصف منطقي	schema
وظيفة	function

polynomial function	وظيفة متعددة الحدود
simulate	يحاكي
return	يرجع
instantiate	يكتسب قيمة
mutually exclusive	ينفي بعضها بعضا ، استبعادية

المصطلحات الواردة بالكتاب بالترتيب الأبجدي للمصطلح الإنجليزي

a discrimination function	برنامج تصنيف الكيانات ـ وظيفة تمييز
a subset of	مجموعة فرعية من
abstract spaces	مساحات مجردة
access skeleton	هيكل الاقتراب
activating a rule	تنشيط أو استخدام قاعدة
acute renal failure	فشل كلوي حاد
aerobic	حيهوائي
algebraic integration	التكامل الجبري
algorithm	خوارزم
ambiquity	غموض
an organism	كائن عضوي
analogy	التماثل
analysis of questions	تحليل الاستفهامات
ancestor node	العقد السلفية
anorexia	اختناق
approximate reasoning	الاستدلال التقريبي
arbitrary	اعتباطي
architectural structure	التركيب أو البنية الهيكلية
arcs	أقواس
argument	الحد
arrangement of basic symbols	انتظام الرموز الأساسية
array	مصفوفة
attributes	خواص
Augmented transition networks	شبكات الانتقال المعززة

background information	معلومات خلفية
backward chaining	تسلسل خلفي
Bayesian method	الطريقة البيسية
binary	ثنائي
blackboard model	نموذج السبورة
blind search	البحث الأعمي
boolean values	القيم البولية
bottom up	من أسفل لأعلى
calcite	التكلس
carbon platforms	مساطب الكربون
case grammar	نحو الحالات الاعرابية
casual association networks	شبكة الترابطات السببية
categories	مقولات
causal relations	علاقات سببية
cellulitis	التهاب النسيج الكلوي
cerebro-spinal (meningeal fluid)	السائل السحائي
chips	رقاقات
classical logic	المنطق التقليدي
clay peaks	قمم طينية
clinical parameters	المعاملات الإكلينيكية
closed engine	الآلة المغلقة
coefficient of maximum value	معامل القيمة الأكبر
coefficients	المعاملات
combinatorial explosion	الانفجار التجميعي أو التوافقي
combinatory explosion	التفجر التجميعي
common sense	الحس السليم

common sense reasoning	الاستدلال بالسليقة
commonly-arising situations	تتابع مقنن للأحداث
competence	الكفاءة
compiler	مترجم لغات البرمجة
complications	مضاعفات
composition of probabilities	احتمالات مركبة
Computer Assisted Instruction	التعليم بمساعدة الحاسب الآلي
conceptual analyzer	المحلل الفكري
conceptual dependency	ترابط المفاهيم، الترابط الفكري
conceptual level	المستوى الإدراكي
conceptual relations	العلاقات بين المفاهيم
conceptual representation	تمثيل إدراكي
conflict resolution	حل أو فك التضارب
congitive processes	العمليات المعرفية
conjunction	الوصل
constraints	قيود
Context Free Grammar (CFG)	النحو المتحرر من السياق
contextual aspects	ظواهر ـ نواحي سياقية
control strategies	استراتيجيات التحكم
control structure	طريقة التحكم
correlations	ترابطات
counter-example	مثال مناقض
crisis management	معالجة الأزمات
cryptarithmetical problems	مسائل الهاليز الرياضية
culture	مزرعة
cursor	مؤشر الشاشة

cybernetics	علم السبرانية
data acquisition programs	برامج اكتساب البيانات
data base	قاعدة البيانات
data structure	هيكل البيانات
decision trees	شجرات اتخاذ القرار
declarative knowledge	المعرفة المعلنة
declarative representation	التمثيل المعلن
deductive logic	المنطق الاستنباطي
deductive processes	العمليات الاستنباطية
default	بديل افتراضي
degree of necessity	درجة الضرورة
degree of sufficiency	درجة الكفاية
demons	برامج إجرائية حارسة
dependencies	الترابطات ـ العلاقات
depth first	العمق أولا
descriminitating networks	شبكة تمييز
detection of anomalies	اكتشاف أوجه القصور
deterministic behaviour	سلوك حتمي
diagnosis suggests observation	التشخيص يفترض الملاحظة
dictionary entry	مدخل معجمي
differentional and integral calculus	حساب التفاضل والتكامل
dikes	رقبات بركانية
discrimination	التمييز
discriminatory networks	شبكات تميزية
disjoint subset	فرع أو مجموعة فرعية منفصلة
disjunction	الفصل

display screen	شاشة عرض
domestic procedures	اجراءات، برامج إجرائية داخلية
driller	الثاقب
dunes	كثبان
editors	برامج التنقيح
elimination	الاستبعاد
English Language Interpreter	مفسر اللغة الإنجليزية
exclusive	استبعادية
existential quantifier	السور الوجودي
expert system	نظام خبير
expert systems	النظم الخبيرة
facets	سطيحات
factual knowledge	المعرفة الحقائقية
feedback systems	أنظمة التغذية الراجعة
final state	الوضع النهائي ـ الحالة النهائية
Finite State Automata (FSA)	أوتاماتية الحالات المحدودة
First Order Logic	منطق الدرجة الأولي
fixed patterns	أنماط ثابتة
focus	بؤرة الاختبار
formal	صوري
formal analysis	التحليل الصوري
formal grammar	النحو الصوري
formal logic	المنطق الصوري
formal rule systems	أنظمة القواعد الصورية
formalism	صياغة
formalization	صورنه

forward chaining	تسلسل أمامي
forward deduction	استنباط أمامي
forward linking	روابط أمامية
fossils	التحجر
fragmentation	تجزء
fragments	أجزاء (صغيرة)
frame	إطار
free association	التداعي الحر
friendly interface	برامج بينية ودية
friendly programs	برامج ودية
function	تابع أو دال
fuzzy set	المجموعة الغامضة
gamma-radiation	إشعاع جاما
general problem solver	حلال المشاكل العام
generality and efficiency	العمومية والكفاءة
generalization by intervals	التعميم الكمي
generation of hypotheses	توليد الفروض
geneticist	عالم الوراثة
geometrical analogy	التناظر الهندسي
graph	شكل بياني
guided dialog	الحوار الموجه
hardware	العتاد ـ الأجهزة
heuristic and algorithmic methods	الطرق الخوارزمية والتجريبية
heuristic knowledge	معرفة تجريبية
heuristic methods	طرق تجريبية
heuristic reasoning	الحجة المعرفية

heuristics	الاجتهاد
high-level strategies	الاستراتيجيات العليا
hypertension	ضغط الدم المرتفع
implication	التضمين بالشرط
inclusive	متضمنة
indices	مؤشرات
inductive logic	المنطق الاستقرائي
inductive processes	العمليات الاستقرائية
industrial robots	الإنسان الآلي المستخدم في الصناعة
infectious illnesses	الأمراض المعدية
inference	استدلال
inference engine	آلة الاستنتاج
inferential logic	المنطق الاستدلالي
inferential processes	العمليات الاستدلالية أو الاستنتاجية
infinite	لا منتهية
inflectional languages	اللغات التصريفية
information processing systems	أنظمة معالجة المعلومات
information scientists	علماء المعلوماتية
inheritance	الوراثة
initial state	الوضع الأول أو الحالة الأولية
innate	موروث
input	المدخل
input word	كلمة الإدخال ـ الكلمة الداخلة
instantiate	يكتسب قيمة
integrated architecture	بناء متكامل
intensive car units	وحدة العناية المركزة

interactive	تفاعلي
interface modules	الوحدات البينية
interfaces	الوصلات البينية
intermediate conclusions	نتائج وسيطة
intermediate methods	الطرق الوسيطة
internal form	الشكل الداخلي
internal medicine	الأمراض الباطنية
internal representation	التمثيل الداخلي
interpreters for grammar	برامج تفسير الانحاء، مغزى الانحاء
interpreting a phrase	تفسير العبارة أو الجملة
interpreting images	تفسير الأشكال المرئية
interpreting procedure	الإجراء التفسيري ـ خطوات المفسر
interpretive procedures	الإجراءات التفسيرية
intersection of sets	تقاطع المجموعات
islands of confidence	جزر الثقة
iterative	تكراري
jump	قفزة (انتقال)
jurassic period	الفترة الطباشيرية
key words	الكلمات الإرشادية أو المفتاحية
keyboard	لوحة مفاتيح الحاسوب
keyword searches	البحث عن الكلمات المفتاحية
knowing how	المعرفة الكيفية
knowing what	المعرفة الماهية
knowledge base	قاعدة المعرفة
knowledge representation	تمثيل المعرفة
language use	الاستخدام اللغوي

legalistic aspect	الجانب القانوني
life-support system	أجهزة مساندة الحياة
liklihood measures	درجات الترجيح
limestone	الحجر الجيري
Linguistic signal	الرسالة اللغوية
Lithological structure	البنية الليثومية
logical connectives	الروابط المنطقية
logical consistency	الاتساق المنطقي
logical discrimination	تمييز منطقي
logical networks	شبكات منطقية
logical operators	معاملات منطقية
logical quantifiers	الأسوار المنطقية
low-level language	لغات البرمجة الدنيا
machine language	لغة الآلة
machine translation	الترجمة الآلية
man machine interaction	تفاعل الإنسان مع الآلة
manuals	كتيبات إرشادات استخدام الأجهزة ـ البرامج
mass-spectograph data	بيانات أجهزة مطياف الكتلة
meanders	تعرج
mechanism	آلية نظام المعالجة الآلية
Memory Organization Packets	مجموعات تنظيم الذاكرة
menu-driven programs	برامج ذات قوام
meta knowledge	ما وراء المعرفة
meta rules	ما وراء القواعد
minimax algorithm	خوارزمية الأدني ـ الأعلي
modular struct	البناء التركيبي

modularity	القابلية للتركيب
molecular structures	بنية الجزيئات الأساسية
molecules	الجزيئات
morphemic	صرفية
mouse	فأرة
mutually exclusive	ينفي بعضها بعضا ، استبعادية
natural language interface	برامج بينية باللغات الطبيعية
near miss	الخطأ القريب ، الخطأ البسيط
nephretic syndrome	تضخم الكلي
nested clauses	الجمل المتدخلة
nested constructions	تركيبات (لغوية) مطمورة
neuro-opthlalmology	طب العيون العصبي
neurons	الخلايا العصبية
nodes	عقد
Nominal Group (NG)	مركب اسمي
non-erythematous	غير روماتزمي
non-hierarchical manner	بطريقة غير هرمية
non-monotonic reasoning	الاستدلال الغير مطرد
non-terminal symbols or categories	مقولات غير طرفية
normal periods (in science)	مراحل اعتيادية في تطور العلوم
normalized signatures	أشكال أساسية
not asymmetric	متماثل
numerical	عدديا
object	كيان أو شيء
observation suggests diagnosis	الملاحظة توحي بالتشخيص
operating system	نظام التشغيل

organic molecule	الجزيىء العضوي
palaeontology	علم الاحاثة
Partitioned Semantic networks	شبكات دلالية مجزأة
path	مسار
pattern classification and recognition	مضاهاة وتصنيف التشكيلات
pattern matching	مضاهاة التشكيلات
perceptron	آلة التمييز الصناعي
perfect gas laws	قوانين الغاز التام
performance	الأداء
perturbation	تشويه
phonetic	صوتية
phonological	فونولوجية
phrase structure grammar	نحو بناء الجملة
plausibility	الاستحسان
plausibility measures	درجات الاستحسان
plausibility value	درجة الاحتمال
polynomial function	وظيفة متعددة الحدود
porosity	مسامية
pragmatics	مقاماتية ـ براجماتية
predicate	محمول
predicate calculus	حساب المحمول
preference semantics	الدلالة التفصيلية
premises	مقدمات
prime numbers	الأعداد الأولية
primitives of verbs	المكونات الدلالية للافعال
problem solving	حل المشاكل أو المسائل

procedural form	الصورة الإجرائية
procedural knowledge	المعرفة الإجرائية
procedural languages	لغات البرمجة الإجرائية
procedural representation	التمثيل الإجرائي
processing	معالجة
Production rules	القواعد الانتاجية
prognosis	التكهنات
promising	مبشرة
prompt	رسالة حث
pronominal reference	عائد الضمير
propagation of constraints	مد القيود
proposition	قضية
propositional calculus	حساب القضايا
prosodic	تطريزية
prototype	نموذج
provisional choice	اختيار تجريبي
pruning the tree	تمحيص الشجرة
pursuit	المتابعة
quantifier	السور
reasoning mechanisms	آليات الاستدلال المنطقي
reasoning mechanisms	ميكانيزمات عمليات الاستدلال
reasoning path	خط التفكير المنطقي
reasoning processes	العمليات الاستدلالية
reconstructive mechanism	ميكانيكية إعادة البناء
recursion	تكرار ـ ارجاع
recursive language	اللغة التكرارية

recursive nature	الطبيعة التكرارية
Recursive Transition Networks (RTNs)	شبكات الانتقال المتكرر
reefs	صخور منحدرة
regularity	الانتظام
relation	علامة
relative frequency	التكرار النسبي
replacement of constants by variables	استبدال الثوابت بالمتغيرات
resistivity	المقاومة
return	يرجع
revolutions (in science)	ثورات علمية
rewriting rules	قواعد إعادة الكتابة
rheumatology	الروماتيزم
rhizoctonia	قطر الأرومة
Rote learning	الحفظ الصم
rule base	قاعدة القواعد
rules of inference	قواعد الاستبدال
scenarios	السيناريوهات
schema	وصف منطقي
schemas	أوصاف منطقية شاملة
script	سيناريو
script Applier Mechanism	ميكانيكية تطبيق السيناريو
sedimentology	ترسيب
segments	وحدات صوتية
semantic networks	شبكات دلالية
semantic representation	تمثيل المعني، التمثيل الدلالي
session	دورة التحاور مع الحاسب

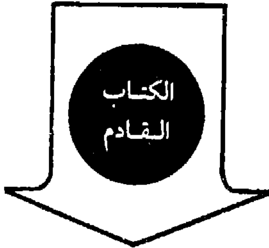
set of registers	مجموعة من المسجلات
set theory	نظرية المجموعات
shale	الطفل
sibling nodes	العقد الشقيقة
simulate	يحاكي
software	البرامج
software tools	برامج أدواتية
soundwave propagation	بث موجات الصوت
spectographic data	بيانات طيفية
speech recognition	التعرف على الكلام
speech synthesis	تخليق الكلام
spontaneous learning	التعليم التلقائي
standardization	تقنين
state-change operators	معاملات تغير الحالة
states	حالات
story grammar	نحو القصة
stratigraphy	علم طبقات الأرض
streptococcal	تلوث
structured objects	الكيانات الهيكلية
structuring of knowledge	هيكلة المعرفة
student profile	دليل قدرات الطالب
substitution processes	عملية الاستبدال أو الاحلال
super groups	المجموعات العليا
superficial structure	البنية الظاهرية
surface structure	البنية السطحية
syllables	مقاطع الكلمات

symbolic integration	التكامل الرمزي
symbolic reasoning	الاستدلال الرمزي
symbolic reasoning system	نظام رمزي للاستدلال
symbolic representation	التمثيل الرمزي
symbolic representation	تمثيل رمزي
synonyms	مرادفات
\syntactic tree	شجرة الاعراب
syntactic vector	متجه تركيبي
syntax	تراكيب الكلام ـ التراكيب
systemic grammar	النحو النسقي
taxonomic structure	تصنيف بنيوي
toxonomic-typedeductions	استنتاجات تصنيفية
taxonomies	تصنيفات عامة
tectonic activities	أنشطة بنائية
template	قالب
terminal	محطة إدخال طرفية
terminal categories	مقولات طرفية
text generation	توليد النصوص
the concept of a flush in poker	مفهوم الفلوش في لعبة البوكر
the concept of an arch	مفهوم القنطرة
the first version	النسخة الأولى من البرنامج
The problem of Conjunctions and elliptice	مشكلة العطف والحذف
the rule space	ساحة القواعد
the structure of a narrative	الشكل البنيوي للقصة
theorem proving	إثبات النظرية
theorems	نظريات

theory of constructive errors	نظرية الأخطاء البناءة
thyroid	الغدة الدرقية
top down	من أعلى لأسفل
trade-offt	العلاقة التبادلية
traditional grammar	النحو التقليدي
transfer of expertise	نقل الخبرة
transformational grammar	النحو التحويلي
transmission of properties	نقل الخصائص
tree structure	التركيب الشجري
tricks of the trade	حيل الصنعة أو المهنة
two-space model	نموذج الساحتين
uncertain reasoning	الاستدلال غير المؤكد
understanding texts	فهم النصوص
unification	توحيد
universal grammer	الأنحاء الكلية
universal quantifier	السور الكلي
variable	المتغير
vector	متجه
vector and matrix algebra	جبر المصفوفات والمتجهات
Verbal Group (VG)	مركب فعلي
ersion	نسخة
weight	الثقل
wireline logs	كتل خط السلك

المترجم في سطور

- ولـد في الإسكنـدرية بجمهـوريـة مصر العربية عام ١٩٣٨.
- حصل على دكتــوراه الفلسفــة في علم اللغـة مـن جـامعـة تكسـاس بأوستن بالولايات المتحدة عام ١٩٨١.
- عمل في جــامعـة الإسكنــدريــة من ١٩٨١ حتى ١٩٨٣.
- عمل في مــؤسســة أومنيترانس للترجمة الآليـة بكاليفـورنيا بـالـولايات المتحـدة الأمــريكيــة من ١٩٨٣ حتى نهايــة ١٩٨٤.
- شغل منصب مـديـر مساعـد للشئـون الأكـاديميـة بمـركز اللغـات بجـامعـة الكـويت ثم عمل مـدرسا لعلم اللغـة بقسم اللغـة الإنجليـزية بكليـة الآداب بجامعة الكويت حتى عام ١٩٨٩.
- يشغل منذ سبتمبر ١٩٨٩ وظيفة أستاذ مشارك لعلم اللغـة بالجامعة الأمـريكية بالقاهرة.
- لـه أبحـاث عديـدة منشـورة بـاللغتين الإنجليــزيـة والعــربيــة في الـذكــاء الاصطنـاعي، الترجمة الآليـة وتـدريس اللغات باستخدام الحاسوب.



المعتقدات الدينية
بين شعوب العالم

أشرف على التحرير

جوفري بارندر

ترجمة

أ. د/ إمام عبدالفتاح إمام

مراجعة

أ. د/ عبدالغفار مكاوي

صدر عن هذه السلسلة

العنوان	المؤلف	التاريخ
١ـ الحضارة	تأليف : د/ حسين مؤنس	يناير ١٩٧٨
٢ـ اتجاهات الشعر العربي المعاصر	تأليف : د/ إحسان عباس	فبراير ١٩٧٨
٣ـ التفكير العلمي	تأليف : د/ فؤاد زكريا	مارس ١٩٧٨
٤ـ الولايات المتحدة والمشرق العربي	تأليف : / أحمد عبدالرحيم مصطفى	أبريل ١٩٧٨
٥ـ العلم ومشكلات الإنسان المعاصر	تأليف : د/ زهير الكرمي	مايو ١٩٧٨
٦ـ الشباب العربي والمشكلات التي يواجهها	تأليف : د/ عزت حجازي	يونية ١٩٧٨
٧ـ الأحلاف والتكتلات في السياسة العالمية	تأليف : / محمد عزيز شكري	يوليو ١٩٧٨
٨ـ تراث الإسلام (الجزء الأول)	ترجمة : د/ زهير السمهوري تحقيق وتعليق : د/ شاكر مصطفى مراجعة : د/ فؤاد زكريا	أغسطس ١٩٧٨
٩ـ أضواء على الدراسات اللغوية المعاصرة	تأليف : د/ نايف خرما	سبتمبر ١٩٧٨
١٠ـ جحا العربي	تأليف : د/ محمد رجب النجار	أكتوبر ١٩٧٨
١١ـ تراث الإسلام (الجزء الثاني)	ترجمة : د/ حسين مؤنس، د/ إحسان العمد مراجعة : د/ فؤاد زكريا	نوفمبر ١٩٧٨
١٢ـ تراث الإسلام (الجزء الثالث)	ترجمة : د. حسين مؤنس، د/ إحسان العمد مراجعة : د/ فؤاد زكريا	ديسمبر ١٩٧٨
١٣ـ الملاحة وعلوم البحار عند العرب	تأليف : د/ أنور عبدالعليم	يناير ١٩٧٩
١٤ـ جمالية الفن العربي	تأليف : د/ عفيف بهنسي	فبراير ١٩٧٩
١٥ـ الإنسان الحائر بين العلم والخرافة	تأليف : د/ عبدالمحسن صالح	مارس ٩٧٩
١٦ـ النفط والمشكلات المعاصرة للتنمية العربية	تأليف : د/ محمود عبدالفضيل	أبريل ٩٧٩
١٧ـ الكون والثقوب السوداء	إعداد : رؤوف وصفي مراجعة : زهير الكرمي	مايو ١٩٧٩
١٨ـ الكوميديا والتراجيديا	ترجمة : د/ علي أحمد محمود مراجعة : د/ شوقي السكري، د/ علي الراعي	يونيو ١٩٧٩
١٩ـ المخرج في المسرح المعاصر	تأليف : / سعد أردش	يوليو ١٩٧٩

٢٠ـ التفكير المستقيم والتفكير الأعوج — ترجمة حسن سعيد الكرمي — أغسطس ١٩٧٩
مراجعة : صدقي حطاب

٢١ـ مشكلة إنتاج الغذاء في الوطن العربي — تأليف : د / محمد على الفرا — سبتمبر ١٩٧٩

٢٢ـ البيئة ومشكلاتها — تأليف : رشيد الحمد | د / محمد سعيد صباريني — أكتوبر ١٩٧٩

٢٣ـ الرق — تأليف : د/ عبدالسلام الترمانيني — نوفمبر ١٩٧٩

٢٤ـ الإبداع في الفن والعلم — تأليف : د / حسن أحمد عيسى — ديسمبر ١٩٧٩

٢٥ـ المسرح في الوطن العربي — تأليف : د / علي الراعي — يناير ١٩٨٠

٢٦ـ مصر وفلسطين — تأليف : د / عواطف عبدالرحمن — فبراير ١٩٨٠

٢٧ـ العلاج النفسي الحديث — تأليف : د / عبدالستار ابراهيم — مارس ١٩٨٠

٢٨ـ أفريقيا في عصر التحول الاجتماعي — ترجمة : شوقي جلال — أبريل ١٩٨٠

٢٩ـ العرب والتحدي — تأليف : د/ محمد عماره — مايو ١٩٨٠

٣٠ـ العدالة والحرية في فجر النهضة العربية الحديثة — تأليف : د / عزت قرني — يونيو ١٩٨٠

٣١ـ الموشحات الأندلسية — تأليف : د / محمد زكريا عناني — يوليو ١٩٨٠

٣٢ـ تكنولوجيا السلوك الإنساني — ترجمة : د / عبدالقادر يوسف — أغسطس ١٩٨٠
مراجعة : د / رجا الدريني

٣٣ـ الإنسان والثروات المعدنية — تأليف : د / محمد فتحي عوض الله — سبتمبر ١٩٨٠

٣٤ـ قضايا أفريقية — تأليف : د / محمد عبدالغني سعودي — أكتوبر ١٩٨٠

٣٥ـ تحولات الفكر والسياسة في الشرق العربي (١٩٣٠ـ ١٩٧٠) — تأليف : د / محمد جابر الأنصاري — نوفمبر ١٩٨٠

٣٦ـ الحب في التراث العربي — تأليف : د / محمد حسن عبدالله — ديسمبر ١٩٨٠

٣٧ـ المساجد — تأليف : د / حسين مؤنس — يناير ١٩٨١

٣٨ـ تكنولوجيا الطاقة البديلة — تأليف : د/ سعود يوسف عياش — فبراير ١٩٨١

٣٩ـ ارتقاء الإنسان — ترجمة : د / موفق شخاشيرو — مارس ١٩٨١
مراجعة : زهير الكرمي

٤٠ـ الرواية الروسية في القرن التاسع عشر — تأليف : د/ مكارم الغمري — أبريل ١٩٨١

٤١ـ الشعر في السودان — تأليف: د / عبده بدوي — مايو ١٩٨١

٤٢ـ دور المشروعات العامة في التنمية الاقتصادية — تأليف : د / علي خليفة الكواري — يونيو ١٩٨١

٤٣ـ الإسلام في الصين — تأليف: فهمي هويدي — يوليو ١٩٨١

٤٤ـ اتجاهات نظرية في علم الاجتماع — تأليف : د / عبدالباسط عبدالمعطي — أغسطس ١٩٨١

٤٥ـ حكايات الشطار والعيارين في التراث العربي	تأليف : د/ محمد رجب النجار	سبتمبر ١٩٨١
٤٦ـ دعوة إلى الموسيقا	تأليف : د/ يوسف السيسي	أكتوبر ١٩٨١
٤٧ـ فكرة القانون	ترجمة : سليم الصويص مراجعة : سليم بسيسو	نوفمبر ١٩٨١
٤٨ـ التنبؤ العلمي ومستقبل الإنسان	تأليف : د/ عبدالمحسن صالح	ديسمبر ١٩٨١
٤٩ـ صراع القوى العظمى حول القرن الأفريقي	تأليف : صلاح الدين حافظ	يناير ١٩٨٢
٥٠ـ التكنولوجيا الحديثة والتنمية الزراعية	تأليف : د/ محمد عبدالسلام	فبراير ١٩٨٢
٥١ـ السينما في الوطن العربي	تأليف : جان ألكسان	مارس ١٩٨٢
٥٢ـ النفط والعلاقات الدولية	تأليف : د/ محمد الرميحي	أبريل ١٩٨٢
٥٣ـ البدائية	ترجمة : د/ محمد عصفور	مايو ١٩٨٢
٥٤ـ الحشرات الناقلة للأمراض	تأليف : د/ جليل أبو الحب	يونيو ١٩٨٢
٥٥ـ العالم بعد مائتي عام	ترجمة : شوقي جلال	يوليو ١٩٨٢
٥٦ـ الإدمان	تأليف : د/ عادل الدمرداش	أغسطس ١٩٨٢
٥٧ـ البيروقراطية النفطية ومعضلة التنمية	تأليف : د/ أسامة عبدالرحمن	سبتمبر ١٩٨٢
٥٨ـ الوجودية	ترجمة : د/ إمام عبدالفتاح	أكتوبر ١٩٨٢
٥٩ـ العرب أمام تحديات التكنولوجيا	تأليف : د/ انطونيوس كرم	نوفمبر ١٩٨٢
٦٠ـ الأيديولوجية الصهيونية (الجزء الأول)	تأليف : د/ عبدالوهاب المسيري	ديسمبر ١٩٨٢
٦١ـ الأيديولوجية الصهيونية (الجزء الثاني)	تأليف : د/ عبدالوهاب المسيري	يناير ١٩٨٣
٦٢ـ حكمة الغرب	ترجمة : د/ فؤاد زكريا	فبراير ١٩٨٣
٦٣ـ الإسلام والاقتصاد	تأليف : د/ عبدالهادي علي النجار	مارس ١٩٨٣
٦٤ـ صناعة الجوع (خرافة الندرة)	ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد	إبريل ١٩٨٣
٦٥ـ مدخل إلى تاريخ الموسيقا المغربية	تأليف : عبدالعزيز بن عبد الجليل	مايو ١٩٨٣
٦٦ـ الإسلام والشعر	تأليف : د/ سامي مكي العاني	يونيو ١٩٨٣
٦٧ـ بنو الإنسان	ترجمة : زهير الكرمي	يوليو ١٩٨٣
٦٨ـ الثقافة الألبانية في الأبجدية العربية	تأليف : د/ محمد موفاكو	أغسطس ١٩٨٣
٦٩ـ ظاهرة العلم الحديث	تأليف : د/ عبدالله العمر	سبتمبر ١٩٨٣
٧٠ـ نظريات التعلم (دراسة مقارنة) القسم االأول	ترجمة : د/ علي حسين حجاج مراجعة : د/ عطيه محمود هنا	أكتوبر ١٩٨٣
٧١ـ الاستيطان الأجنبي في الوطن العربي	تأليف : د/ عبدالمالك خلف التميمي	نوفمبر ١٩٨٣
٧٢ـ حكمة الغرب (الجزء الثاني)	ترجمة : د/ فؤاد زكريا	ديسمبر ١٩٨٣

٧٣ـ التخطيط للتقدم الاقتصادي والاجتماعي	تأليف : د/ مجيد مسعود	يناير ١٩٨٤
٧٤ـ مشاريع الاستيطان اليهودي	تأليف : أمين عبدالله محمود	فبراير ١٩٨٤
٧٥ـ التصوير والحياة	تأليف : د/ محمد نبهان سويلم	مارس ١٩٨٤
٧٦ـ الموت في الفكر الغربي	ترجمة : كامل يوسف حسين	أبريل ١٩٨٤
	مراجعة : د/ إمام عبدالفتاح	
٧٧ـ الشعر الإغريقي تراثا إنسانيا وعالميا	تأليف : د/ أحمد عتمان	مايو ١٩٨٤
٧٨ـ قضاياالتبعية الإعلامية والثقافية	تأليف : د/ عواطف عبدالرحمن	يونيو ١٩٨٤
٧٩ـ مفاهيم قرآنية	تأليف : د/ محمد أحمد خلف الله	يوليو ١٩٨٤
٨٠ـ الزواج عند العرب (في الجاهلية والإسلام)	تأليف : د/ عبدالسلام الترمانيني	أغسطس ١٩٨٤
٨١ ـ الأدب اليوغسلافي المعاصر	تأليف : د/ جمال الدين سيد محمد	سبتمبر ١٩٨٤
٨٢ ـ تشكيل العقل الحديث	ترجمة : شوقي جلال	أكتوبر ١٩٨٤
	مراجعة : صدقي حطاب	
٨٣ ـ البيولوجيا ومصير الإنسان	تأليف : د/ سعيد الحفار	نوفمبر ١٩٨٤
٨٤ ـ المشكلة السكانية وخرافة المالتوسية	تأليف : د/ رمزي زكي	ديسمبر ١٩٨٤
٨٥ ـ دول مجلس التعاون الخليجي ومستويات العمل الدولية	تأليف : د/ بدرية العوضي	يناير ١٩٨٥
٨٦ ـ الإنسان وعلم النفس	تأليف : د/ عبدالستار إبراهيم	فبراير ١٩٨٥
٨٧ ـ في تراثنا العربي الإسلامي	تأليف : د/ توفيق الطويل	مارس ١٩٨٥
٨٨ ـ الميكروبات والإنسان	ترجمة : د/ عزت شعلان	أبريل ١٩٨٥
	مراجعة : د/ عبدالرزاق العدواني، د/ سمير رضوان	
٨٩ ـ الإسلام وحقوق الإنسان	تأليف : د/ محمد عماره	مايو ١٩٨٥
٩٠ ـ الغرب والعالم (القسم الأول)	تأليف : كافين رايلي	يونيو ١٩٨٥
	ترجمة : د/ عبدالوهاب المسيري، د/ هدى حجازي	
	مراجعة : د/ فؤاد زكريا	
٩١ ـ تربية اليسر وتخلف التنمية	تأليف : د/ عبدالعزيز الجلال	يوليه ١٩٨٥
٩٢ ـ عقول المستقبل	ترجمة : د/ لطفي فطيم	اغسطس ١٩٨٥
٩٣ ـ لغة الكيمياء عند الكائنات الحية	تأليف : د/ أحمد مدحت إسلام	سبتمبر ١٩٨٥
٩٤ ـ النظام الإعلامي الجديد	تأليف : د/ مصطفى المصمودي	أكتوبر ١٩٨٥

٩٥ ـ تغيّر العالم	تأليف : د/ أنور عبدالملك	نوفمبر ١٩٨٥
٩٦ ـ الصهيونية غير اليهودية	تأليف : ريجينا الشريف ترجمة : أحمد عبدالله عبدالعزيز	ديسمبر ١٩٨٥
٩٧ ـ الغرب والعالم (القسم الثاني)	تأليف : كافين رايلي ترجمة : د/ عبدالوهاب المسيري، د/ هدى حجازي مراجعة : د/ فؤاد زكريا	يناير ١٩٨٦
٩٨ ـ قصة الأنثروبولوجيا	تأليف : د/ حسين فهيم	فبراير١٩٨٦
٩٩ ـ الأطفال مرآة المجتمع	تأليف : د/ محمد عماد الدين إسماعيل	مارس ١٩٨٦
١٠٠ ـ الوراثة والإنسان	تأليف : د/ محمد علي الربيعي	أبريل ١٩٨٦
١٠١ ـ الأدب في البرازيل	تأليف : د/ شاكر مصطفى	مايو ١٩٨٦
١٠٢ ـ الشخصية اليهودية الإسرائيلية والروح العدوانية	تأليف : د/ رشاد الشامي	يونيو ١٩٨٦
١٠٣ ـ التنمية في دول مجلس التعاون	تأليف د/ محمد توفيق صادق	يوليو ١٩٨٦
١٠٤ ـ العالم الثالث وتحديات البقاء	تأليف جاك لوب ترجمة : أحمد فؤاد بلبع	أغسطس ١٩٨٦
١٠٥ ـ المسرح والتغير الاجتماعي في الخليج العربي	تأليف : د/ إبراهيم عبد الله غلوم	سبتمبر ١٩٨٦
١٠٦ ـ «المتلاعبون بالعقول»	تأليف : هربرت . أ . شيللر ترجمة : عبدالسلام رضوان	أكتوبر ١٩٨٦
١٠٧ ـ الشركات عابرة القومية	تأليف : د/ محمد السيد سعيد	نوفمبر ١٩٨٦
١٠٨ ـ نظريات التعلم (دراسة مقارنة) (الجزء الثاني)	ترجمة : د/ علي حسين حجاج مراجعة : د/ عطية محمود هنا	ديسمبر ٨٦
١٠٩ ـ العملية الإبداعية في فن التصوير	تأليف : د/ شاكر عبدالحميد	يناير ١٩٨٧
١١٠ ـ مفاهيم نقدية	ترجمة : د/ محمد عصفور	فبراير ١٩٨٧
١١١ ـ قلق الموت	تأليف : د/ أحمد محمد عبدالخالق	مارس ١٩٨٧
١١٢ ـ العلم والمشتغلون بالبحث العلمي في المجتمع الحديث	تأليف : د/ جون . ب . ديكنسون ترجمة : شعبة الترجمة باليونسكو	أبريل ١٩٨٧
١١٣ ـ الفكر التربوي العربي الحديث	تأليف : د/ سعيد إسماعيل علي	مايو ١٩٨٧
١١٤ ـ الرياضيات في حياتنا	ترجمة : د/ فاطمة عبدالقادر الما	يونيو ١٩٨٧

١١٥ ـ معالم على طريق تحديث الفكر العربي	تأليف : د/ معن زيادة	يوليو ١٩٨٧
١١٦ ـ أدب أميركا اللاتينية قضايا ومشكلات (القسم الأول)	تنسيق وتقديم : سيزار فرناندث مورينو ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد مراجعة : د/ شاكر مصطفى	أغسطس ١٩٨٧
١١٧ ـ الأحزاب السياسية في العالم الثالث	تأليف : د/ أسامة الغزالي حرب	سبتمبر ١٩٨٧
١١٨ ـ التاريخ النقدي للتخلف	تأليف : د/ رمزي زكي	أكتوبر ١٩٨٧
١١٩ ـ قصيدة وصورة	تأليف : د/ عبدالغفار مكاوي	نوفمبر ١٩٨٧
١٢٠ ـ سيكولوجية اللعب	تأليف : د/ سوزانا ميلر ترجمة : د/ حسن عيسى مراجعة : د/ محمد عماد الدين إسماعيل	ديسمبر ١٩٨٧
١٢١ ـ الدواء من فجر التاريخ إلى اليوم	تأليف : د/ رياض رمضان العلمي	يناير ١٩٨٨
١٢٢ ـ أدب أميركا اللاتينية (القسم الثاني)	تنسيق وتقديم : سيزار فرناندث مورينو ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد مراجعة : د/ شاكر مصطفى	فبراير ١٩٨٨
١٢٣ ـ ثقافة الأطفال	تأليف : د/ هادي نعمان الهيتي	مارس ١٩٨٨
١٢٤ ـ مرض القلق	تأليف : د/ دافيد . ف . شيهان ترجمة : د/ عزت شعلان مراجعة : د/ أحمد عبدالعزيز سلامة	أبريل ١٩٨٨
١٢٥ ـ طبيعة الحياة	تأليف : فرانسيس كريك ترجمة : د/ أحمد مستجير مراجعة : د/ عبد الحافظ حلمي	مايو ١٩٨٨
١٢٦ ـ اللغات الأجنبية (تعليمها وتعلمها)	تأليف : د/ نايف خرما د/ علي حجاج	يونيو ١٩٨٨
١٢٧ ـ اقتصاديات الإسكان	تأليف: د/ إسماعيل إبراهيم درة	يوليو ١٩٨٨
١٢٨ ـ المدينة الإسلامية	تأليف : د/ محمد عبدالستار عثمان	أغسطس ١٩٨٨
١٢٩ ـ الموسيقا الأندلسية المغربية	تأليف: عبدالعزيز بن عبدالجليل	سبتمبر ١٩٨٨
١٣٠ ـ التنبؤ الوراثي	تأليف : د/ زولت هارسيناي ريتشارد هتون ترجمة : د/ مصطفى إبراهيم فهمي مراجعة : د/ مختار الظواهري	أكتوبر ١٩٨٨

١٣١ ـ مقدمة لتاريخ الفكر العلمي في الاسلام — تأليف : د/ أحمد سليم سعيدان — نوفمبر ١٩٨٨

١٣٢ ـ أوروبا والتخلف في أفريقيا — تأليف : د/ والتر رودني — ديسمبر ١٩٨٨
ترجمة : د/ أحمد القصير
مراجعة : د/ إبراهيم عثمان

١٣٣ ـ العالم المعاصر والصراعات الدولية — تأليف : د/ عبدالخالق عبدالله — يناير ١٩٨٩

١٣٤ ـ العلم في منظوره الجديد — تأليف : روبرت م . اغروس / جورج ن. ستانسيو — فبراير١٩٨٩
ترجمة : د/ كمال خلايلي

١٣٥ ـ العرب واليونسكو — تأليف : د/ حسن نافعة — مارس ١٩٨٩

١٣٦ ـ اليابانيون — تأليف : إدوين رايشاور — أبريل ١٩٨٩
ترجمة : ليلى الجبالي
مراجعة : شوقي جلال

١٣٧ ـ الاتجاهات التعصبية — تأليف : د/ معتز سيد عبدالله — مايو ١٩٨٩

١٣٨ ـ أدب الرحلات — تأليف : د/ حسين فهيم — يونيو ١٩٨٩

١٣٩ ـ المسلمون والاستعمار الاوروبي لأفريقيا — تأليف : عبدالله عبدالرزاق ابراهيم — يوليو ١٩٨٩

١٤٠ ـ الانسان بين الجوهر والمظهر (نتملك أو نكون) — تأليف : إريك فروم — أغسطس ١٩٨٩
ترجمة : سعد زهران
مراجعة : د/ لطفي فطيم

١٤١ ـ الأدب اللاتيني (ودوره الحضاري) — تأليف : د/ أحمد عتمان — سبتمبر ١٩٨٩

١٤٢ ـ مستقبلنا المشترك — إعداد : اللجنة العالمية للبيئة والتنمية — أكتوبر ٩٨٩
ترجمة : محمد كامل عارف
مراجعة : علي حسين حجاج

١٤٣ ـ الريف في الرواية العربية — تأليف : د/ محمد حسن عبدالله — نوفمبر ٩٨٩

١٤٤ ـ الإبداع العام والخاص — تأليف : الكسندرو روشكا — ديسمبر ١٩٨٩
ترجمة : د/ غسان عبدالحي أبو فخر

١٤٥ ـ سيكولوجية اللغة والمرض العقلي — تأليف : د/ جمعة سيد يوسف — يناير ١٩٩٠

١٤٦ ـ حياة الوعي الفني (دراسات في تاريخ الصورة الفنية) — تأليف : غيورغي غانشف — فبراير ١٩٩٠
ترجمة : د/ نوفل نيوف
مراجعة : د/ سعد مصلوح

١٤٧ ـ الرأسمالية تجدد نفسها — تأليف : د/ فؤاد مُرسي — مارس ١٩٩٠

العنوان	المؤلف	التاريخ
١٤٨ ـ علم الأحياء والأيديولوجيا والطبيعة البشرية	تأليف : ستيفن روز وآخرين ترجمة : د/ مصطفى إبراهيم فهمي مراجعة : د/ محمد عصفور	أبريل ١٩٩٠
١٤٩ ـ ماهية الحروب الصليبية	تأليف : د/ قاسم عبده قاسم	مايو ١٩٩٠
١٥٠ ـ حاجات الإنسان الأساسية في الوطن العربي «الجوانب البيئية والتكنولوجيات والسياسات»	(برنامج الأمم المتحدة للبيئة) ترجمة : عبد السلام رضوان	يونيو ١٩٩٠
١٥١ ـ تجارة المحيط الهندي في عصر السيادة الإسلامية	تأليف : د/ شوقي عبد القوي عثمان	يوليه ١٩٨٩
١٥٢ ـ التلوث مشكلة العصر	تأليف : د/ أحمد مدحت إسلام	أغسطس ١٩٩٠

(ظهر هذا العدد في أغسطس ١٩٩٠، وانقطعت السلسلة بسبب العدوان الغاشم، ثم استؤنفت في شهر سبتمبر ١٩٩١ بالعدد ١٥٣)

العنوان	المؤلف	التاريخ
١٥٣ ـ الكويت والتنمية الثقافية العربية	تأليف : د/ محمد حسن عبدالله	سبتمبر ١٩٩١
١٥٤ ـ النقطة المتحولة : أربعون عاما في استكشاف المسرح	تأليف : بيتر بروك ترجمة : فاروق عبدالقادر	أكتوبر ١٩٩١
١٥٥ ـ مؤثرات عربية وإسلامية في الإدب الروسي	تأليف : د/ مكارم الغمري	نوفمبر ١٩٩١
١٥٦ ـ الفصامي : كيف نفهمه ونساعده، دليل للأسرة والأصدقاء	تأليف : سيلفانو آرتي ترجمة : د/ عاطف أحمد	ديسمبر ١٩٩١
١٥٧ ـ الاستشراق في الفن الرومانسي الفرنسي	تأليف : د/ زينات البيطار	يناير ١٩٩٢
١٥٨ ـ مستقبل النظام العربي بعد ازمة الخليج	تأليف : د/ محمد السيد سعيد	فبراير١٩٩٢
١٥٩ ـ فكرة الزمان عبر التاريخ	ترجمة : فؤاد كامل عبدالعزيز مراجعة : شوقي جلال	مارس ١٩٩٢
١٦٠ ـ إرتقاء القيم (دراسة نفسية)	تأليف : د/ عبداللطيف محمد خليفة	أبريل ١٩٩٢
١٦١ ـ أمراض الفقر (المشكلات الصحية في العالم الثالث)	تأليف : د/ فيليب عطية	مايو ١٩٩٢
١٦٢ ـ القومية في موسيقا القرن العشرين	تأليف : د/ سمحة الخولي	يونيو ١٩٩٢
١٦٣ ـ أسرار النوم	تأليف : الكسندر بوربلي ترجمة : د/ أحمد عبدالعزيز سلامة	يوليو ١٩٩٢
١٦٤ ـ بلاغة الخطاب وعلم النص	تأليف : د/ صلاح فضل	اغسطس ١٩٩٢
١٦٥ ـ الفلسفة المعاصرة في أوربا	تأليف : إ.م. بوشنسكي ترجمة : د/ عزت قرني	سبتمبر ١٩٩٢

١٦٦ـ الأمومة : نمو العلاقات بين الطفل والأم	تأليف : د/ فايز قنطار	أكتوبر ١٩٩٢
١٦٧ـ تاريخ الدراسات العربية في فرنسا	تأليف د/ محمود المقداد	نوفمبر ١٩٩٢
١٦٨ ـ بنية الثورات العلمية	تأليف : توماس كون ترجمة : شوقي جلال	ديسمبر ١٩٩٢
١٦٩ ـ تاريخ الكتاب (القسم الاول)	تأليف : د/ الكسندر ستيبشفيتش ترجمة : د/ محمد م. الأرناؤوط	يناير ١٩٩٣
١٧٠ ـ تاريخ الكتاب (القسم الثاني)	تأليف : د/ الكسندر ستيبشفيتش ترجمة : د/ محمد م. الأرناؤوط	فبراير ١٩٩٣
١٧١ ـ الأدب الافريقي	تأليف : د/ علي شلش	مارس ١٩٩٣



سلسلة عالم المعرفة

عالم المعرفة سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ دولة الكويت ـ وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير عام ١٩٧٨ .

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارىء بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفاً وترجمة :

١ ـ الدراسات الإنسانية : تاريخ ـ فلسفة ـ أدب الرحلات ـ الدراسات الحضارية ـ تاريخ الافكار.

٢ ـ العلوم الاجتماعية : اجتماع ـ اقتصاد ـ سياسة ـ علم نفس ـ جغرافيا ـ تخطيط ـ دراسات استراتيجية ـ مستقبليات .

٣ ـ الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي ـ الآداب العالمية ـ علم اللغة .

٤ ـ الدراسات الفنية : علم الجمال وفلسفة الفن ـ المسرح ـ الموسيقا ـ الفنون التشكيلية والفنون الشعبية .

٥ ـ الدراسات العلمية : تاريخ العلم وفلسفته ، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) ـ الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم) والدراسات التكنولوجية . أما بالنسبة لنشر الأعمال الإبداعية ـ المترجمة أو المؤلفة ـ من شعر وقصة ومسرحية فأمر غير وارد في الوقت الحالي .

وتحرص سلسلة عالم المعرفة على ان تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على أن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته وأهميته ومدى جدته، وفي حالة الترجمة ترسل صفحة الغلاف والمحتويات، كما ترفق مذكرة بالفكرة العامة للكتاب. وفي جميع الحالات ينبغي إرفاق سيرة ذاتية لمقترح الكتاب تتضمن البيانات الرئيسية عن نشاطه العلمي السابق.

وفي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع / المؤلف أو المترجم ـ تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألف دينار كويتي، وللمترجم مكافأة بمعدل خمسة عشر فلسا عن الكلمة الواحدة في النص الأجنبي أو تسعمائة دينار أيهما أكثر بالإضافة إلى مائة وخمسين دينارا كويتياً مقابل تقديم المخطوطة ـ المؤلفة و المترجمة ـ من نسختين مطبوعتين على الآلة الكاتبة.



وكالات التوزيع في الوطن العربي

اسم الشركة	الدولة	العنوان
مؤسسة الأهرام	مصر	القاهرة ـ شارع الجلاء تلفون: ٧٥٥٥٠٠ ـ ٧٤٥٦٦٦
المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات	سوريا	دمشق ـ ص.ب: ١٢٠٣٥ تلفون : ٢٢٣٧٧٢
الشركة الشريفية للتوزيع	المغرب	الدار البيضاء ـ ص.ب : ١٣/٦٨٣ تلفون : ٤٠٠٢٢٣
الشركة العربية للتوزيع	لبنان	بيروت ـ ص.ب ١١/٤٢٢٨ تلفون : ٨٦٤٦٦٢ ـ ٣٤٣١٤٥
الشركة التونسية للتوزيع	تونس	تونس ـ ص.ب : ٤٤/٢٢ تلفون: ٢٤٢٤٩٩
الشركةالسعودية للتوزيع	السعودية	جدة ـ ص.ب : ١٣١٩٥ تلفون: ٦٦٩٤٧٠٠ ـ ٦٥٥٠٢١ الرياض ـ تلفون: ٤٩١٦٧٤١ الدمام ـ تلفون : ٨٢٧٦٢٦٢
وكالة التوزيع الأردنية	الأردن	عمّان ـ ص.ب : ٣٧٥ تلفون: ٦٢٧٦٤٤
دار المسيرة للطباعة والنشر	الإمارات	أبوظبي ـ ص.ب : ٤٦٦٧٥ تلفون: ٣٣٨٢٨٥
دار الثقافة للطباعة والصحافة	قطر	الدوحة ـ ص.ب ٣٢٣ تلفون: ٤١٤١٨٢ ـ ٤١٣٩٤٢
الشركة العربية للوكالات والتوزيع	البحرين	المنامة ـ ص.ب : ١٥٦ تلفون: ٢٥٥٧٠٦
مكتبة دار الحكمة	الإمارات	دبي ـ ص.ب: ٢٠٠٧ تلفون: ٢٣١٤٧٢
المتحدة لخدمة وسائل الإعلام	عُمان	روي ـ ص.ب ٦٣٠٥ تلفون: ٧٠٠٨٩٥
الشركة المتحدة لتوزيع الصحف والمطبوعات	الكويت	ص.ب: ٦٥٨٨ حولي 32040 تلفون: ٢٤١٢٨٢٠/٢٤٢١٤٦٨

الاشتراك السنوي : وهو مقصور على الفئات التالية :

● المؤسسات والهيئات داخل الكويت	١٠	دنانير كويتية
● المؤسسات والهيئات في الوطن العربي	١٢	ديناراً كويتيا
● المؤسسات والهيئات خارج الوطن العربي	٨٠	دولارا أمريكيا
● الأفراد خارج الوطن العربي	٤٠	دولارا أميركيا

الاشتراكات :

ترسل باسم الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص . ب : ٢٣٩٩٦ الصفاة/ الكويت ـ 13100

برقيا : ثقف ـ تلكس : ٤٤٥٥٤ TLX. NO. 44554 NCCAL

فاكسميلي : ٤٨٧٣٦٩٤

طبع من هذا الكتاب أربعون ألف نسخة

مطابع السياسة ـ الكويت

هـذا الكتاب

يقدم هـذا الكتاب للقـاريء العربي علم الـذكاء الاصطناعـي ، وهو علم حديث اكتسب أهمية بـالغة في السنوات الأخيرة لتطبيقاتـه العديدة في مجالات حيوية كالدفاع والاستخبارات والحاسوب والترجمة الآلية وغيرها . ويتميز علم الـذكـاء الاصطنـاعي بأنـه علم تعـددي ، يشـارك فيـه علماء الحاسب الآلي والرياضيـات وعلم النفس وعلم اللغة والفلسفة . ويعطي هـذا الكتاب فكرة علمية دقيقة عن تقنية الذكاء الاصطناعـي و إمكاناته و إشكالاته ، وهو ينهج نهجا علميا موضوعيا بعيدا عن المبالغات والانبهار . وهـو أول كتاب عن هذا العلم في المكتبة العربية . ويركز الكتاب على عدة محاور رئيسة من محاور الذكاء الاصطناعي وهي معـالجة اللغات الطبيعية ، والنظم الخبيرة وتمثيل المعـرفة كما يفرد فصلا كاملا عن استخدام تقنيـة الذكاء الاصطناعي في البرامج التعليمية التي يستخدمها الحاسب الآلي . وتعتبر هـذه المحاور من أهم جوانب البحث في الذكاء الاصطناعي إلا أنه يجب الإشارة إلى أن هناك محاور أخرى لم يتناولها الكتـاب مثل تحليل وتخليق الكـلام وتحليل الأشكـال المرئيـة وغيرهـا ، إلا أن الكتاب يغطي الجوانب الأسـاسية لهذا العلم الجديد و يتميز بـالعرض العلمي السليم ، ورغم توجهه للقارىء العادي إلا أنه لا يلجأ للتبسيط المخل ، ونأمل أن يكون هـذا الكتاب باكورة أعمال عـديدة باللغة العـربية في مجالات البحث الهامة للذكاء الاصطناعي .

سعر النسخة

الكويت	٧٥٠ فلس	ليبيا	دينار واحد	اليمن
السعودية	١٢ ريال	المغرب	١٥ درهما	السودان
الأردن	دينار واحد	تونس	دينار ونصف	البحرين
سوريا	٥٠ ليره	الجزائر	٢٠ دينارا	قطر
لبنان	٧٥٠ ليرة	مصر	جنيهان	عمان
				الامارات المتحده